

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-143849

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月28日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 6 F 15/18

B 2 5 J 13/00

識別記号

F I

G 0 6 F 15/18

B 2 5 J 13/00

Z

審査請求 未請求 請求項の数24 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平9-308561

(22) 出願日 平成9年(1997)11月11日

(71) 出願人 000002945

オムロン株式会社

京都府京都市右京区花園土堂町10番地

(72) 発明者 牛田 博英

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内

(72) 発明者 平山 裕司

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内

(72) 発明者 中嶋 宏

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内

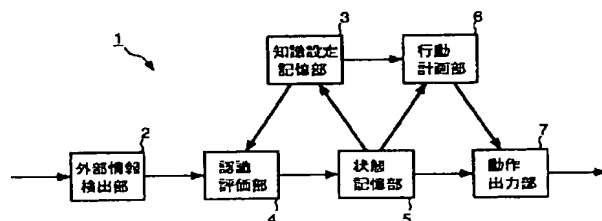
(74) 代理人 弁理士 小森 久夫

(54) 【発明の名称】 行動生成装置、行動生成方法及び行動生成プログラム記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 学習、忘却及び意識の概念に基づいて状況に対して自律的な行動を生成することにより、現実の生物の行動に極めて近似した行動を生成する。

【解決手段】 人工生物モデル1を、外部情報検出部2、知識設定記憶部3、認識評価部4、状態記憶部5、行動計画部6及び動作出力部7によって構成した。知識設定記憶部3は、人工生物モデル1が行動する過程において外部情報検出部2が検出した外部情報の認識結果と知識設定記憶部3に予め記憶されている先天的行動目標との関係を、その関連度及び記憶度とともに記憶する。認識評価部4は、各外部情報について知識設定記憶部3の記憶内容を参照して認識、評価する。状態記憶部5は、認識評価部4における評価結果を記憶する。行動計画部6は、状態記憶部5に記憶されている評価結果にしたがって実行すべき行動を決定し、動作出力部7に出力する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】外部情報を検出する外部情報検出部と、予め定められた複数の基本行動目標を記憶する基本行動目標記憶部と、外部情報検出部が検出した外部情報と基本行動目標記憶部が記憶している各基本行動目標との関係を獲得行動目標として記憶する獲得行動目標記憶部と、を設け、基本行動目標記憶部が記憶している基本行動目標又は獲得行動目標記憶部が記憶している獲得行動目標に基づいて外部情報検出部が検出した外部情報に対して実行すべき行動を決定することを特徴とする行動生成装置。

【請求項 2】前記獲得行動目標記憶部が、複数の外部情報のそれぞれについて、獲得行動目標を保存すべき期間を表す記憶度を記憶する請求項 1 に記載の行動生成装置。

【請求項 3】前記獲得行動目標記憶部が、前記記憶度のそれぞれを時間経過に伴って個別に減少する請求項 2 に記載の行動生成装置。

【請求項 4】前記獲得行動目標記憶部が、前記記憶度のそれぞれを各外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減する請求項 2 に記載の行動生成装置。

【請求項 5】前記基本行動目標記憶部が、複数の基本行動目標のそれぞれの優先順位を表す重要度を記憶する請求項 1 に記載の行動生成装置。

【請求項 6】前記獲得行動目標記憶部が、複数の外部情報のそれぞれについて基本行動目標との関連度を記憶する請求項 1 に記載の行動生成装置。

【請求項 7】前記獲得行動目標記憶部が、前記関連度のそれぞれを各外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減する請求項 6 に記載の行動生成装置。

【請求項 8】少なくとも前記基本行動目標記憶部に記憶した重要度、及び、前記獲得行動目標記憶部に記憶した関連度にしたがって、前記外部情報検出部が検出した複数の外部情報のいずれかを選択し、選択した外部情報について基本行動目標又は獲得行動目標に基づいて実行すべき行動を決定する請求項 6 又は 7 に記載の行動生成装置。

【請求項 9】外部情報を検出し、検出した外部情報と予め定められた複数の基本行動目標のそれぞれとの関係を獲得行動目標として記憶し、基本行動目標又は獲得行動目標に基づいて外部情報に対して実行すべき行動を決定することを特徴とする行動生成方法。

【請求項 10】複数の外部情報のそれぞれについて獲得行動目標を保存すべき期間を表す記憶度を記憶し、記憶度に基づいて各獲得行動目標を個別に消去する請求項 9 に記載の行動生成方法。

【請求項 11】前記記憶度のそれぞれを時間経過に伴って個別に減少する請求項 10 に記載の行動生成方法。

【請求項 12】前記記憶度のそれぞれを各外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減する請求項 10 又は 11 に記載の行動生成方法。

【請求項 13】複数の基本行動目標のそれぞれの優先順位を表す重要度を記憶する請求項 9 に記載の行動生成方法。

【請求項 14】複数の外部情報のそれぞれについて基本行動目標との関連度を記憶する請求項 9 に記載の行動生成方法。

10 【請求項 15】前記関連度のそれぞれを各外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減する請求項 14 に記載の行動生成方法。

【請求項 16】前記重要度、及び、前記関連度にしたがって、検出した複数の外部情報のいずれかを選択し、選択した外部情報について基本行動目標又は獲得行動目標に基づいて実行すべき行動を決定する請求項 14 又は 15 に記載の行動生成方法。

【請求項 17】外部情報を検出する処理と、検出した外部情報と予め定められた複数の基本行動目標のそれぞれとの関係を獲得行動目標として記憶する処理と、基本行動目標又は獲得行動目標に基づいて外部情報に対して実行すべき行動を決定する処理と、からなるプログラムを記録したことを特徴とする行動生成プログラム記録媒体。

【請求項 18】複数の外部情報のそれぞれについて獲得行動目標を保存すべき期間を表す記憶度を記憶する処理と、記憶度に基づいて各獲得行動目標を個別に消去する処理と、を含むプログラムを記録した請求項 17 に記載の行動生成プログラム記録媒体。

30 【請求項 19】前記記憶度のそれぞれを時間経過に伴って個別に減少する処理を含むプログラムを記録した請求項 18 に記載の行動生成プログラム記録媒体。

【請求項 20】前記記憶度のそれぞれを各外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減する処理を含むプログラムを記録した請求項 18 又は 19 に記載の行動生成プログラム記録媒体。

【請求項 21】複数の基本行動目標のそれぞれの優先順位を表す重要度を記憶する処理を含むプログラムを記録した請求項 17 に記載の行動生成プログラム記録媒体。

40 【請求項 22】複数の外部情報のそれぞれについて基本行動目標との関連度を記憶する処理を含むプログラムを記録した請求項 17 に記載の行動生成プログラム記録媒体。

【請求項 23】前記関連度のそれぞれを各外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減する処理を含むプログラムを記録した請求項 22 に記載の行動生成プログラム記録媒体。

50 【請求項 24】前記重要度、及び、前記関連度にしたがって、検出した複数の外部情報のいずれかを選択する処理と、選択した外部情報について基本行動目標又は獲得

行動目標に基づいて実行すべき行動を決定する処理と、を含むプログラムを記録した請求項 22 又は 23 に記載の行動生成プログラム記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ロボット等の模擬生物、及び、コンピュータシステムのディスプレイ等に表示される仮想生物等の人工生物モデルが実行すべき自律的な行動を生成する行動生成装置、行動生成方法及び行動生成プログラム記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】ロボット等の模擬生物やコンピュータシステムのディスプレイ等に表示される仮想生物として、従来より外部から入力された情報に応じて自律的に行動するようにした人工生物モデルが存在する。従来より、この種の人工生物モデルが実行する行動を、現実の生物の行動にできるだけ近似させる試みが多くなされている。

【0003】ここで、現実の生物は、経験に基づく学習により知識を獲得し、獲得した知識を状況に応じて利用することにより、反応としての行動を行うことができる状況を次第に増やし、多様な行動パターンを自律的に生成する。また、現実の生物は、特定の状況に長期間にわたって遭遇しない場合には、その状況に対する反応行動を忘れ、状況に対する反応が遅れたり、全く反応できなくなる等の忘却と呼ばれる現象を生じる。さらに、現実の生物には、反応すべき事象が同時に複数存在する場合に自分にとって反応する価値の最も高い事象のみに対して行動するといった意識が存在する。

【0004】したがって、現実の生物の行動の生成には学習、忘却及び意識が不可欠であり、人工生物モデルの行動を現実の生物の行動に近似させるためには、状況に対して行うべき行動の生成過程において学習、忘却及び意識の概念が必要となる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の人工生物モデルでは、刺激としての外部状況と出力としての行動との関係が予め固定的に決定されており、状況に応じた行動を経験に基づく学習によって知識として獲得することができないものが一般的である。また、外部刺激や内部状態の履歴に基づいて反応パターンとしての行動を生成するようにしたものも提案されているが、この場合にも予め想定されていない状況に対しては適当な反応パターンを生成することができない。このような場合に、起こりうる全ての状況を予め想定することは困難であるとともに、多数の状況を想定して記憶しておくためには容量の大きな記憶手段が必要で現実的でない。

【0006】また、従来の人工生物モデルでは、過去の刺激や内部状態の履歴に基づいて反応パターンを生成する際に、新しい履歴データの重み値を大きくするととも

に古い履歴データの重み値を小さくすることによって反応パターンの生成に忘却の概念を取り入れるようにしたものがあるが、このような反応パターンの生成方法では、個々の刺激や内部状態に関する履歴データを保存しておくために容量の大きな記憶手段が必要になる問題がある。

【0007】さらに、従来の人工生物モデルでは、意識の概念を用いて刺激に対する反応行動を生成するようにしたものがなく、反応すべき事象が同時に複数存在する場合に、全ての事象に対して反応行動を生成しようとする結果、処理時間が長時間化して反応行動の実行が遅れたり、反応行動の優先順位を決定できずに所謂デッドロック状態に陥る等の問題がある。

【0008】この発明の目的は、学習、忘却及び意識の概念に基づいて状況に対して自律的な行動を生成することにより、現実の生物の行動に極めて近似した行動を生成することができる行動生成装置、行動生成方法及び行動生成プログラム記録媒体を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項 1、9 及び 17 に記載した発明は、外部情報を検出し、検出した外部情報と予め定められた複数の基本行動目標のそれぞれとの関係を獲得行動目標として記憶し、基本行動目標又は獲得行動目標に基づいて外部情報に対して実行すべき行動を決定することを特徴とする。

【0010】請求項 1、9 及び 17 に記載した発明においては、検出した外部情報と予め定められた基本行動目標との関係から新たな行動目標を獲得行動目標として学習し、学習した獲得行動目標を含めた行動目標に基づいて外部情報に対して実行すべき行動が決定される。したがって、外部情報に対して実行すべき行動を決定するための行動目標が学習により補充され、行動目標との関係が予め定められていない外部情報に対しても実行すべき行動が自律的に決定される。

【0011】請求項 2、10 及び 18 に記載した発明は、複数の外部情報のそれぞれについて獲得行動目標を保存すべき期間を表す記憶度を記憶し、記憶度に基づいて各獲得行動目標を個別に消去することを特徴とする。

【0012】請求項 2、10 及び 18 に記載した発明においては、学習により獲得した新たな行動目標が記憶度に基づいて個別に消去される。したがって、新たに獲得した行動目標の一部が消去され、外部情報に対して実行すべき行動を決定するための行動目標が過度に保存されることがない。

【0013】請求項 3、11 及び 19 に記載した発明は、前記記憶度のそれぞれを時間経過に伴って個別に減少することを特徴とする。

【0014】請求項 3、11 及び 19 に記載した発明においては、時間経過にともなって減少する記憶度にしたがって獲得行動目標が個別に消去される。したがって、

外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、現実の生物に生じる忘却現象が再現される。

【0015】請求項4、12及び20に記載した発明は、前記記憶度のそれぞれを各外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減することを特徴とする。

【0016】請求項4、12及び20に記載した発明においては、使用状態に応じて減少する記憶度にしたがって獲得行動目標が個別に消去される。したがって、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、各外部情報の出現頻度に応じて現実の生物に生じる忘却現象がより忠実に再現される。

【0017】請求項5、13及び21に記載した発明は、複数の基本行動目標のそれぞれの優先順位を表す重要度を記憶することを特徴とする。

【0018】請求項5、13及び21に記載した発明においては、複数の基本行動目標のそれぞれの優先順位が重要度として表される。したがって、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、複数の基本行動目標のそれぞれに付与された重要度を参照することにより、検出した外部情報が複数の基本行動目標に関係する場合にも、その外部情報に対して単一の行動が決定される。

【0019】請求項6、14及び22に記載した発明は、複数の外部情報のそれぞれについて基本行動目標との関連度を記憶することを特徴とする。

【0020】請求項6、14及び22に記載した発明においては、各基本行動目標に係る複数の外部情報のそれぞれについて、その基本行動目標との関連度が付与される。したがって、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、外部情報のそれぞれに付与された関連度を参照することにより、同一の基本行動目標に係る複数の外部情報が同時に検出された場合にも、単一の外部情報に対する単一の行動が決定される。

【0021】請求項7、15及び23に記載した発明は、前記関連度のそれぞれを各外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減することを特徴とする。

【0022】請求項7、15及び23に記載した発明においては、各外部情報に付与された関連度が、その外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減される。したがって、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、外部情報のそれぞれに付与された関連度を参照することにより、同一の基本行動目標に係る複数の外部情報が同時に検出された場合にも、出現頻度の最も高い単一の外部情報に対する単一の行動が決定される。

【0023】請求項8、16及び24に記載した発明は、前記重要度、及び、前記関連度にしたがって、検出した複数の外部情報のいずれかを選択し、選択した外部情報について基本行動目標又は獲得行動目標に基づいて

実行すべき行動を決定することを特徴とする。

【0024】請求項8、16及び24に記載した発明においては、複数の外部情報が同時に検出された際に、前記重要度、及び、前記関連度を参照して単一の外部情報に対して実行すべき行動が決定される。したがって、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、現実の生物に生じる意識的な選択が模倣的に再現される。

【0025】

【発明の実施の形態】図1は、この発明の実施形態に係る行動生成装置が適用される人工生物モデルの構成を示す図である。人工生物モデル1は、アクチュエータを介して現実世界において行動するロボット等の模擬生物、又は、コンピュータシステムを構成するディスプレイ内の仮想世界において行動する仮想生物である。人工生物モデル1は、外部情報検出部2、知識設定記憶部3、認識評価部4、状態記憶部5、行動計画部6及び動作出力部7によって構成されている。以下に人工生物モデル1の各部の構成及び処理内容を、

1 外部情報検出部

2 知識設定記憶部

2-1 目標記憶部

2-2 経験知識記憶部

3 認識評価部

3-1 認識部

3-2 意識レベル計算部

3-3 評価部

4 状態記憶部

4-1 外部状態記憶部

4-2 内部状態記憶部

4-2-1 内部状態起因の抽出処理

4-2-2 内部状態の更新処理

5 行動計画部

6 動作出力部

6-1 歩行動作及び方向転換

6-2 顔表情合成

6-3 音声合成

7 人工生物モデルの処理手順

の順に説明する。

【0026】1 外部情報検出部

外部情報検出部2は、人間等の他の生物を含む外部環境から刺激としての外部情報を検出する。この外部情報検出部2は、例えば、CCDカメラ、マイクロフォン、振動センサ又はマウス等の入力装置によって構成される。

【0027】2 知識設定記憶部

知識設定記憶部3は、図2に示すように、先天的行動目標を記憶する目標記憶部11、及び、後天的行動目標を記憶する経験知識記憶部12によって構成されている。

【0028】2-1 目標記憶部

目標記憶部11は、人工生物モデル1に生得的に備わっている目標や欲求に疑似する行動目標を、この発明の基

本行動目標である先天的行動目標として記憶する。この先天的行動目標は、人工生物モデル 1 の製造時に予め設定されるとともに、飼い主であるユーザにおいて初期的に設定するようにしてもよい。

【0029】目標記憶部 11 に記憶される先天的行動目標には、人工生物モデル 1 が特定の刺激や物体を取得しようとする取得行動目標と、人工生物モデル 1 が特定の刺激や物体を避けようとする回避行動目標と、がある。

先天的行動目標としては、例えば、

目標 1: 「撫でられる触覚刺激を取得する」

目標 2: 「光刺激を取得する」

目標 3: 「叩かれる触覚刺激を回避する」

目標 4: 「飲食物を取得する」

目標 5: 「飼い主の喜びを取得する」

目標 6: 「飼い主の怒りを回避する」

目標 7: 「飼い主の悲しみを回避する」

があり、目標 1、2、4、5 が取得目標であり、目標 3、6、7 が回避目標である。このように取得目標及び回避目標を設定しておくことにより、取得目標が達成されるか紛糾するかに応じて人工生物モデル 1 に喜び又は怒りの表情を出力させることができ、回避目標が達成されるか紛糾するかに応じて人工生物モデル 1 に安堵又は嫌悪の表示を出力させることができる。

【0030】目標記憶部 11 は、先天的行動目標のそれぞれについて重要度を記憶する。この重要度は、複数の先天的行動目標の相互間の優先順位を定めたものであり、各先天的行動目標に固定的又は可変的に設定される。重要度の設定値を変化させる場合には、例えば、入力を時間、出力を重要度とする  $\sin$  関数等の周期関数を用いて経時的に変化させることが考えられる。

【0031】このように、各先天的行動目標の優先順位を表す重要度を経時的に変化させることにより、同一の刺激に対して人工生物モデル 1 が行う行動が時系列的に変化し、現実の生物の行動に現れる「気紛れ」を再現することができる。

【0032】2-2 経験知識記憶部

経験知識記憶部 12 は、図 5 に示すように、人工生物モデル 1 が行動する過程において外部情報検出部 2 が検出した外部情報の認識結果と目標記憶部 11 に記憶されている先天的行動目標との関係を、この発明の獲得行動目標である後天的行動目標として記憶する。

【0033】経験知識記憶部 12 は、外部情報のそれぞれについて関連度及び記憶度を記憶する。関連度は、“0”～“1”の範囲の値をとり、各外部情報と先天的行動目標との関連性を表し、正の関連度と負の関連度とが存在する。

【0034】正の関連度が付された外部情報は、先天的行動目標の達成に貢献する。例えば、図 5 において、「撫でられる触覚刺激を取得する」という先天的行動目標 1 に対して色 1 には“0.7”の正の関連度が付与さ

れており、撫でられた時に人工生物モデル 1 が色 1 を検出したことを示している。正の関連度は、各外部情報が属する先天的行動目標が達成された際に同一の外部情報が認識されている場合に“0.1”増加され、各外部情報が属する先天的行動目標が達成された際に同一の外部情報が認識されていない場合に“0.1”減少される。

【0035】負の関連度が付された外部情報は、先天的行動目標の達成を紛糾させる。例えば、図 5 において、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標 3 に対して音 3 には“0.4”の負の関連度が付与されており、叩かれた時に人工生物モデル 1 が音 3 を検出したことを示している。負の関連度は、各外部情報が属する先天的行動目標が紛糾した際に同一の外部情報が認識されている場合に“0.1”増加され、各外部情報が属する先天的行動目標が紛糾した際に同一の外部情報が認識されていない場合に“0.1”減少される。

【0036】記憶度は、“0”～“1”の範囲の値をとり、各外部情報について先天的行動目標との関係を消去すべき時期の決定に用いられる。即ち、外部情報が経験知識記憶部 12 に新たに記憶された時の記憶度を“1”として、時間経過にともなって減少させ、関連度の増加にともなって増加させる。そして、記憶度の値が“0”になった時に、その外部情報を経験知識記憶部 12 の記憶内容から消去する。この記憶度は、現実の生物の行動に現れる「忘却」を再現するために使用することができる。即ち、記憶度が大きい外部情報に対する反応を早くし、記憶度が小さい外部情報に対する反応を遅くする。また、記憶度が“0”になればその外部情報に対して反応しなくなる。なお、記憶度により外部情報の保存期間を定めることにより、記憶すべき外部情報の総数を削減し、メモリの記憶容量を減少することができる。

【0037】目標記憶部 11 及び経験知識記憶部 12 の記憶内容は、後述する認識評価部 4 から状態記憶部 5 に出力される評価出力リストに基づいて更新される。評価出力リストは図 8 に示すように、目標、状態、対象、方向、新規性、重要度、関連度、関連方向及び適合度の各欄によって構成されている。

【0038】目標欄には、目標記憶部 11 に記憶されているいずれかの先天的行動目標が記述される。状態欄には目標欄に記載された先天的行動目標が、達成した、紛糾した、達成しそう、又は、紛糾しそうないずれの状態であるかが記述される。対象欄には、認識された単一又は複数の外部情報の種類が記述される。方向欄には、外部情報検出部 3 を構成する CCD カメラの撮像画面における外部情報の重心の座標値が記述される。

【0039】新規性欄には、目標欄に記述されている先天的行動目標と対象欄に記述されている外部情報との関係が新規であるか否かが記述される。重要度欄には、目標欄に記述されている先天的行動目標の重要度が記述される。関連度欄には、対象欄に記述されている外部情報

の関連度が記述され、新規な外部情報の場合には中間値“0.5”が記述される。関連方向欄には、目標が達成された場合には「正」が、目標が紛糾した場合には「負」が記述される。適合度欄には、対象欄に記述されている外部情報の認識時の適合度が記述される。

【0040】図8に示す評価出力リストは、状態記憶部5において保存される。経験知識記憶部12は、状態記憶部5に保存されている評価出力リストを参照し、状態欄の記述内容が「達成した」又は「紛糾した」である場合に、目標欄に記述されている先天的行動目標に属する記憶内容を更新する。

【0041】即ち、新規性欄の記述内容が「YES」である場合には関連度欄に記述されている“0.5”を付して対象欄に記述されている外部情報を新たに記憶し、新規性欄の記述内容が「NO」である場合には対象欄に記述されている外部情報の関連度及び記憶度を“0.1”増加する。また、目標欄に記述されている先天的行動目標に属する外部情報のうち、対象欄に記述されていない外部情報の関連度を“0.1”減少する。

#### 【0042】3 認識評価部

認識評価部4は、図3に示すように、外部情報検出部2が検出した外部情報を認識する認識部31、認識した外部情報の関連度とその外部情報が属する先天的行動目標の重要度とに基づいてその外部情報を無視するか否かを判断するための意識度を算出する意識レベル計算部32、及び、算出した意識度に基づいて各外部情報を意識するか否かの評価を行う評価部33によって構成される。

#### 【0043】3-1 認識部

認識部31は、外部情報検出部2が検出した外部情報を認識する。認識部31は、外部情報検出部2を構成する入力装置に応じて、例えば、振動認識部、光認識部、色認識部、個人顔認識部、飼い主感情認識部、音声認識部、マウス操作認識部及び仮想世界認識部等によって構成される。

【0044】振動認識部は、外部情報検出部2の振動センサからの入力を用いて、飼い主が人工生物モデル1を撫でているか、叩いているかを認識する。即ち、飼い主が人工生物モデル1を撫でている場合には、振動センサが検出する振動の振幅は比較的小さく、単位時間当りの信号回数が多くなる。また、飼い主が人工生物モデル1を叩いている場合には、振動センサが検出する振動の振幅は比較的大きく、単位時間当りの信号回数が少なくなる。振動認識部は、振動センサから入力される振幅データ及び周波数データに基づいて、例えば、図6に示すファジールールを用いたファジィ推論により、飼い主が撫でているか叩いているかの適合度を出力する。この外部情報は、先天的行動目標と直接的に関係しており、撫でられたと認識した場合には「撫でられる触覚刺激を取得する」という先天的行動目標が達成され、叩かれた場合

には「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標が紛糾したことになる。

【0045】光認識部は、外部情報検出部3のCCDカメラの視野内の画素のうち、所定数以上の画素によって構成される画素集団の平均明度が閾値を越えるか否かを判断する。光認識部は、この判断において平均明度が閾値を越えている場合に、認識結果の適合度である画素集団の画素数、及び、画素集団の座標値を出力する。この外部情報は先天的行動目標と直接的に関係しており、光認識部が光を認識した場合には、「光刺激を取得する」という先天的行動目標が達成されたことになる。

【0046】色認識部は、いずれかの先天的行動目標が達成又は紛糾した際に、外部情報検出部3のCCDカメラが撮像している連続画像のうちの所定数のフレーム間の差分を求め、差分の小さい部分を背景として除去する。また、画像中の肌色部分は人間の顔や腕と見做して除去し、残りの部分を人間が着用している衣服と判断し、この部分において画素数が最も多い色を検出し、検出した色について加色混合の3原色であるRGBのそれぞれの強度値を抽出する。

【0047】色認識部は、衣服の色から抽出したRGBのそれぞれの強度値から、RGBのそれぞれについて、例えば、図7に示す三角波関数であるメンバシップ関数を作成して登録しておき、新たに検出した色から抽出したRGBのそれぞれの強度値について登録メンバシップ関数における適合度を求め、得られた3つの適合度のうちの最小値が予め定められた閾値以上である場合にはその適合度を出力し、閾値未満である場合には適合度として“0”を出力する。また、新たにメンバシップ関数を作成して登録する場合には適合度として“1”を出力する。色認識部は、適合度とともに衣服と判断した画像の重心の座標値を出力する。

【0048】なお、色認識部は、RGBのそれぞれの強度値が各メンバシップ関数の幅Mw内に含まれる複数の色については類似色とし、中心値Mcを移動させることにより1組のメンバシップ関数を使用する。これによって、登録するメンバシップ関数の数を削減して必要な記憶容量を減少することができる。

【0049】この色認識部の処理により、外部情報の検出結果の履歴に基づいて特定の色に対して反応する人工生物モデル1を作成することができる。例えば、赤い衣服を着用した人が人工生物モデル1を叩いた場合、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標が紛糾したことになり、赤色を認識するためのメンバシップ関数が作成される。また、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標についての負の関連度が付与された赤色の外部情報が経験知識記憶部12に記憶される。次に赤い衣服を着用した人が人工生物モデル1に近づくと、色認識部において外部情報として赤色の衣服が認識され、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天

的行動目標について赤色に付与された負の関連度に基づいて、人工生物モデル 1 が、恐怖の表情を示したり、遠ざかる方向に移動する等の行動をとることができる。

【0050】また、光刺激を受けようとして人工生物モデル 1 が光源方向に移動中に、人工生物モデル 1 と光源との間に青い物体が割り込んで光源の光を遮った場合には、「光刺激を取得する」という先天的行動目標が青い物体によって紛糾したことになり、青色を認識するためのメンバシップ関数が作成されるとともに、「光刺激を取得する」という先天的行動目標についての負の関連度が付与された青色の外部情報が経験知識記憶部 1 2 に記憶される。次に外部情報として青色が認識された場合には、「光刺激を取得する」という先天的行動目標について青色に付与された負の関連度に基づいて、人工生物モデル 1 が、怒りの表情を示したり、攻撃する等の行動をとることができる。

【0051】個人顔認識部は、先天的行動目標が達成又は紛糾した際に、外部情報検出部 3 の CCD カメラの視野内に存在する人間の個人顔を登録又は認識する。CCD カメラの撮像した画像から個人顔を抽出する方法としては、例えば、「コンピュータによる顔の認識」（赤松茂、電子情報通信学会論文誌、D-11, Vol. J80-D-11, No. 8, pp. 2031-2046, 1997）や「顔画像照合による解錠制御システム」（土居元紀、陳謙、千原國宏他、電子情報通信学会論文誌、D-11, Vol. J80-D-11, No. 8, pp. 2203-2208, 1997）等を用いることができる。

【0052】個人顔認識部は、認識結果の適合度を出力し、認識した顔に適合する顔が登録されていない場合には適合度“0”を出力する。また、新たに登録する場合の適合度は“1”とする。適合度が所定の閾値を越える場合には、認識した個人顔の CCD カメラが撮像した画面における座標値を出力する。

【0053】この個人顔認識部の処理により、外部情報の検出結果の履歴に基づいて特定の個人顔に対して反応する人工生物モデル 1 を作成することができる。例えば、外部情報検出部 3 の CCD カメラの視野内にいる人が人工生物モデル 1 を撫でた場合、「撫でられる感覚刺激を取得する」という先天的行動目標が達成されたことになり、その人の個人顔が抽出されて登録され、「撫でられる感覚刺激を取得する」という先天的行動目標についての正の関連度を付与した個人顔が経験知識記憶部 1 2 に記憶される。次に CCD カメラが撮像した画像から同一の個人顔が抽出された場合には、「撫でられる感覚刺激を取得する」という先天的行動目標についてその個人顔に付与された正の関連度に基づいて、人工生物モデル 1 が、喜びの表情を示したり、その人に近づく方向に移動する等の行動をとることができる。

【0054】飼い主感情認識部は、飼い主の顔の表情や声の調子に基づいて、飼い主の感情を認識し、認識された飼い主の感情、及び、適合度を出力する。飼い主感情

認識部の処理により、「飼い主の喜びを取得する」、「飼い主の怒りを回避する」及び「飼い主の悲しみを回避する」等の先天的行動目標が達成されたか、又は、紛糾したかを認識することができ、人工生物モデル 1 は、飼い主の近くに存在する物体や刺激が飼い主の感情に与える影響を認識することができる。例えば、特定の物体が存在する時に飼い主の喜びの感情を認識した場合、次に飼い主の悲しみの感情を認識した際に、人工生物モデル 1 がその物体を飼い主の近くに移動させる等の行動をとることができる。

【0055】なお、顔表情を認識する方法としては、例えば、「連続出力確率密度分布を用いた HMM による動画像からの複数人物の表情認識」（大塚尚宏、大谷淳、中津良平、電子情報通信学会論文誌、D-11, Vol. J80-D-11, No. 8, pp. 2129-2137, 1997）等を用いることができる。また、人の音声から感情を認識する方法としては、例えば、特開平 5 - 1 2 0 2 3 号に開示されている感情認識装置の構成等を用いることができる。さらに、顔表情と音声とから感情を認識する方法としては、例えば、「顔画像と音声を用いた対話者の心情抽出の検討」（助川寛、岩野裕利、白井克彦、電子情報通信学会技術報告、PRU94-109, 1885）等を用いることができる。

【0056】音声認識部は、先天的行動目標が達成又は紛糾した際に外部情報検出部 3 のマイクロフォンから入力される音声認識及び登録する。音声認識の方法として、線形予測分析により求められる LPC ケプストラム係数を音声特徴量として用いることができる。例えば、20 次の線形予測分析を行った場合の特徴量は 20 次元ベクトルとなる。これらの特徴量に対するメンバシップ関数を前述の色認識部の処理におけるメンバシップ関数と同様に作成する。

【0057】音声認識部は、前述の色認識部と同様に、閾値処理後の適合度を出力する。また、新たに登録される音声の適合度は“1”とする。この音声認識部は、2本のマイクロフォンを備え、各マイクロフォンが集音した音声の強度の中心位置を求めることにより、音源の方向を認識する。

【0058】この音声認識部の処理により、外部情報の検出結果の履歴に基づいて特定の音声に対して反応する人工生物モデル 1 を作成することができる。例えば、ある人が特定の音声を発声しながら人工生物モデル 1 を叩いた場合、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標が紛糾したことになり、その音声を認識するためのメンバシップ関数が作成されるとともに、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標についての負の関連度を付与した音声外部情報として経験知識記憶部 1 2 に記憶される。次に同じ音声を認識した場合に、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標についてその音声に負の関連度が付与されていることから、人工生物モデル 1 が、怒りの表情を示した

り、音源から離れる方向に移動する等の行動をとることができる。

【0059】マウス操作認識部は、コンピュータシステムのディスプレイ画面内において画像によって表現された仮想世界で行動する人工生物モデルにおいて、飼い主によるマウスの操作内容を認識する。例えば、マウスの操作によりディスプレイ内のカーソルを人工生物モデル1の表示位置に移動してマウスボタンをクリックすることにより、人工生物モデル1を叩くという行為を表現することができる。また、ディスプレイ内のカーソルを人工生物モデル1の表示位置に移動した後、マウスボタンをクリックしながらカーソルを複数回往復移動させることにより、人工生物モデル1を撫でるという行為を表現することができる。

【0060】マウス操作認識部は、マウスの操作によって人工生物モデル1が撫でられたか、又は、叩かれたかの適合度を出力し、いずれの操作もない場合には適合度“0”を出力する。例えば、撫でるという行為については、10往復を最大値としてカーソルの往復移動回数を計数し、“0”～“1”の範囲で正規化した適合度を出力する。また、叩くという行為については、10回を最大値としてマウスボタンのクリック回数を計数し、“0”～“1”の範囲で正規化した適合度を出力する。

【0061】このマウス操作認識部の処理により、外部情報の検出結果の履歴に基づいてマウスの操作に対して反応する人工生物モデル1を作成することができる。例えば、マウスの操作によって叩く行為が行われた場合には、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標が紛糾したことになる、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標についての負の関連度を付与したマウス操作が経験知識記憶部12に記憶される。次に、カーソルが人工生物モデル1に接近する方向に移動した場合に、人工生物モデル1が、怒りの表情を示したり、カーソルから遠ざかる方向に移動する等の行動をとることができる。

【0062】仮想世界認識部は、コンピュータシステムにおいてディスプレイの画面内等に構成される仮想世界の物体を認識し、物体の形状等の適合度及び物体の座標値を出力する。

#### 【0063】3-2 意識レベル計算部

意識レベル計算部32は、現実の生物が持つ意識という概念を人工生物モデル1において疑似的に再現する。即ち、現実の生物は、感覚器官から入力される全ての刺激や物体を意識して行動するわけではなく、自分に直接関係しない対象に対しては注意を向けない。これは、現実の生物において脳の処理速度や短期記憶の容量には限界があり、全ての対象に注意を向けていると生命に関わるような重要な対象に対する処理が遅れて生命の危険に瀕する場合があるからである。

【0064】人工生物モデル1においても、計算処理速

度や記憶容量には限界があり、認識部が認識した外部情報の全てについて処理を行うこととすると、刺激に対する反応としての行動をとるまでに長時間を要する場合があり、また、複数の対象に対する処理のいずれを優先するかを決定できずにデッドロック状態に陥る場合がある。そこで、意識レベル計算部は、複数の外部情報のそれぞれが人工生物モデル1の行動目標にどの程度関連しているのかを計算し、複数の外部情報のそれぞれに優先順位を定めることにより、反応行動をとるまでの時間を短時間化するとともに、デッドロックを防止する。

【0065】意識レベル計算部32は、認識部から入力される複数の認識結果、及び、経験知識記憶部12の記憶内容に基づいて、認識されたそれぞれの外部情報についての意識レベルを、次式によって算出する。

【0066】(意識レベル) = (適合度) × (関連度) × (記憶度) × (重要度)

ここに、適合度、関連度、記憶度及び重要度は、いずれも前述した処理において決定される。

【0067】また、仮想物体についての意識レベルは、次式によって算出する。

【0068】(意識レベル) = (人工生物モデルから仮想物体までの距離) × (関連度) × (記憶度) × (重要度)

但し、経験知識記憶部12に記憶されていない新たな刺激(外部情報又は仮想物体)に対する意識レベルは

“1”とする。また、目標記憶部11に記憶されている先天的行動目標に直接関連する刺激についての関連度及び記憶度は“1”とする。さらに、1つの刺激が複数の先天的行動目標に属する場合には、各先天的行動目標について意識レベルを算出し、算出した意識レベルの最大値をその刺激の意識レベルとする。

【0069】意識レベル計算部32は、認識された全ての刺激についての意識レベルに対して閾値処理を行い、所定の閾値以上の意識レベルを持つ刺激を意識上の対象として出力する。

#### 【0070】3-3 評価部

評価部33は、意識レベル計算部32から出力された意識上の対象がどの先天的行動目標に関連するかを評価し、その評価結果を図8に示した評価出力リストとして出力する。

【0071】評価出力リストの出力方法は、意識上の対象に応じて3種類の方法がある。即ち、意識上の対象が、先天的行動目標と直接関係する対象である場合、既に登録済の対象である場合、及び、未登録の対象である場合のそれぞれにおいて、評価出力リストの出力方法が異なる。

【0072】意識上の対象が先天的行動目標と直接関係する対象である場合には、評価出力リストの目標欄には意識上の対象が直接関係する先天的行動目標の番号、及び、取得目標であるか回避目標であるかの種別が、状態



欄には目標を達成したか紛糾したかの種別が、それぞれ記述される。また、対象欄には、先天的行動目標と直接関係する対象が記述され、人工生物モデル 1 が現実世界に存在するロボットである場合には振動 1（撫でる）、振動 2（叩く）、光刺激又はユーザ感情のいずれかが記述され、仮想世界に存在する仮想生物の場合にはさらに飲食物が含まれる。方向欄には、対象欄の記述内容が光刺激である場合における光源の座標値、仮想生物の場合には物体の座標値が記述される。新規性欄には「NO」が、重要度欄には目標欄の記述内容に対応した重要度が、それぞれ記述される。また、関連度欄には「1」が、関連方向欄には目標の達成／紛糾の別に応じて正／負が、適合度欄には認識結果の適合度が、それぞれ記述される。

【0073】意識上の対象が経験知識記憶部 12 に既に登録されている対象である場合であって、目標と直接関係する対象である場合には、評価出力リストの目標欄には意識上の対象が直接関係する先天的行動目標の番号、及び、取得目標であるか回避目標であるかの種別が、状態欄には目標を達成したか紛糾したかの種別が、それぞれ記述される。目標と直接関係する対象でない場合には、目標欄にはその対象が属する先天的行動目標の番号、及び、取得目標であるか回避目標であるかの種別が、状態欄には関連度の正／負に応じて「達成しよう」／「紛糾しよう」が、それぞれ記述される。既に登録済の対象である意識上の対象が複数の先天的行動目標に属する場合には、関連度が最大の先天的行動目標について記述され、複数の先天的行動目標についての関連度も等しい場合には記憶度が最大の先天的行動目標について記述され、複数の先天的行動目標についての記憶度も等しい場合には目標の番号の小さい方の先天的行動目標について記述される。

【0074】一例として、先天的行動目標と直接関係する意識上の対象が存在し（例えば、叩かれた場合）、かつ、別の意識上の対象として色 1（図 5 参照）が存在する場合について説明すると、この場合、図 5 を参照すれば、色 1 は先天的行動目標 1（撫でられる触覚刺激を取得）に関連するという知識は既にあるが、今回は、先天的行動目標 3（叩かれる触覚刺激を回避）に関連する外部情報として認識されるため、評価出力リストの目標欄には「3（回避）」が、状態欄には「紛糾した」が、対象欄には「色 1」が、方向欄には色 1 の重心座標値が、新規性欄には「YES」が、重要度欄には先天的行動目標 3 の重要度が、関連度欄には新たな外部情報の関連度「0.5」が、関連方向欄には「負」が、適合度欄には色 1 についての認識結果における適合度が、それぞれ記述される。

【0075】一方、先天的行動目標と直接関係する意識上の対象が存在せず、意識上の対象として色 1 のみが存在する場合、図 5 を参照すると色 1 は先天的行動目標 1

（撫でられる触覚刺激を取得）に正の関連度を有するため、色 1 を認識したことは「先天的行動目標 1 を達成しそうである」と解釈する。この解釈に基づき、評価出力リストの目標欄には「1（取得）」が、状態欄には「達成しそう」が、対象欄には「色 1」が、方向欄には色 1 の重心座標値が、新規性欄には「NO」が、重要度欄には先天的行動目標 1 の重要度（図 5 の例では 0.8）が、関連度欄には新たな外部情報の関連度（図 5 の例では 0.8）が、関連方向欄には「正」が、適合度欄には色 1 についての認識結果における適合度が、それぞれ記述される。

【0076】意識上の対象が未登録の対象である場合であって、その意識上の対象が直接関係する先天的行動目標がある場合には、評価出力リストの目標欄にはその意識上の対象が直接関係する先天的行動目標の番号及び種別が、状態欄には達成／紛糾の別が、それぞれ記述される。対象欄には、今回認識された意識上の対象の種類と整理番号が記述され、例えば、既に色 5 が登録されている場合には色 6 が記述される。方向欄には今回認識された意識上の対象の座標値が、新規性欄には「YES」が、重要度欄には目標欄に記述した先天的行動目標の重要度が、関連度欄には新たな外部情報の関連度「0.5」が、関連方向欄には状態欄に記述した達成／紛糾の別に応じて「正」／「負」が、適合度欄には今回認識された意識上の対象についての認識結果における適合度が、それぞれ記述される。

【0077】なお、意識上の対象が未登録の対象である場合であって、その意識上の対象が直接関係する先天的行動目標がない場合には、評価出力リストは作成しない。

【0078】人工生物モデル 1 が仮想世界に存在する場合には、評価部 33 とともに仮想世界評価部が設けられる。仮想世界評価部は、仮想世界の状態を評価し、図 8 に示した評価出力リストを作成する。ここに、仮想世界の状態とは、仮想世界に存在する仮想物体の状態、及び、仮想世界の人工生物モデルの行動を意味し、例えば、「人工生物モデル B が自分に食料を譲った」（例 1）、「人工生物 C が自分を叩いた」（例 2）、「人工生物 C が自分に近づいた」（例 3）等である。

【0079】以下に、例 1～3 の場合に仮想世界評価部が作成する評価出力リストについて説明する。

【0080】例 1 の場合

「人工生物モデル B が自分に食料を譲った」ことを認識すると、「飲食物を取得する」という先天的行動目標 4 が達成されたと判断し、評価出力リストの目標欄には「4（取得）」が、状態欄には「達成した」が、対象欄には「人工生物モデル B」が、方向欄には人工生物モデル B の座標値が、新規性欄には人工生物モデル B が未登録か否かに応じて「YES」又は「NO」が、重要度欄には目標欄の記述内容である先天的行動目標 4 の重要度

が、関連度欄には新規性欄の「YES」／「NO」に応じて「0.5」又は経験知識記憶部12に記憶している関連度が、関連方向欄には「正」が、適合度欄には「1」が、それぞれ記述される。

【0081】例2の場合

「人工生物Cが自分を叩いた」ことを認識すると、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標3が紛糾したと判断し、評価出力リストの目標欄には「3（回避）」が、状態欄には「紛糾した」が、対象欄には「人工生物モデルC」が、方向欄には人工生物モデルCの座標値が、新規性欄には人工生物モデルCが未登録か否かに応じて「YES」又は「NO」が、重要度欄には目標欄の記述内容である先天的行動目標3の重要度が、関連度欄には新規性欄の「YES」／「NO」に応じて「0.5」又は経験知識記憶部12に記憶している関連度が、関連方向欄には「負」が、適合度欄には「1」が、それぞれ記述される。

【0082】例2の後に例3が生じた場合

「人工生物Cが自分を叩いた」ことを認識した後に「人工生物Cが自分に近づいた」ことを認識すると、評価出力リストの目標欄には「3（回避）」が、状態欄には「紛糾しそう」が、対象欄には「人工生物モデルC」が、方向欄には人工生物モデルCの座標値が、新規性欄には「NO」が、重要度欄には先天的行動目標3の重要度が、関連度欄には経験知識記憶部12に記憶している関連度が、関連方向欄には「負」が、適合度欄には「1」が、それぞれ記述される。このように記述された評価出力リストに基づいて、人工生物モデル1は人工生物モデルCに叩かれるのではないかと不安を生じたり、人工生物モデルCから遠ざかる方向に移動する等の行動をとる。

【0083】4 状態記憶部

状態記憶部5は、図4に示すように、外部状態記憶部41及び内部状態記憶部42によって構成されている。

【0084】4-1 外部状態記憶部

外部状態記憶部41は、認識評価部4において作成された評価出力リストを一時的に格納する。外部状態記憶部41に格納された評価出力リストは、内部状態記憶部42、知識設定記憶部3、行動計画部6及び動作出力部7によって参照される。

【0085】4-2 内部状態記憶部

内部状態記憶部42は、現実の生物である人間の感情や気分に対応する心情を、人工生物モデル1において模倣的に再現する。即ち、喜び、怒り、悲しみ、嫌悪、恐怖等の感情を再現する。ここで、感情とは高い覚醒レベルにおける短期的な心の状態を言い、気分とは低い覚醒レベルにおける長期的な心の状態を言う。感情の発生は、人間がおかれている状況に依存して変化する。例えば、「心の計算理論」（往住彰文著）によれば、喜びの感情は目標が達成された時に発生し、悲しみの感情は目標が紛糾した時に発生する。また、その他の感情も、目標や嗜好その他の要因の状態に応じて発生し、変化する。気分は、喜びや悲しみの状態が低い覚醒レベルで持続する。

【0086】このような考えに基づいて、内部状態記憶部42は、認識評価部から出力された評価出力リストの内容にしたがって、人工生物モデル1の感情の状態を、内部状態起因の抽出処理、及び、内部状態の更新処理により、更新的に記憶する。

【0087】4-2-1 内部状態起因の抽出処理

内部状態を更新するための起因として、目標の達成度、紛糾度を設定する。また、目標が達成しそうな場合の期待度、目標が紛糾しそうな場合の不安度を設定する。これら、達成度、紛糾度、期待度及び不安度をファジィ推論を用いて求める。このファジィ推論に用いるファジィルールの一例を図9に示す。なお、期待度及び不安度については、1ステップ前のものをファジィ推論の入力として用いる。ファジィ推論に用いるファジィルール、メンバシップ関数等のパラメータを個々に設定することにより、人工生物モデルに個性を与えることができる。

【0088】4-2-2 内部状態の更新処理

内部状態は人間の感情や気分を模倣的に再現するものであるため、ファジィ推論により感情強度の増加量を算出する。ファジィ推論に用いるファジィルールの一例を図10に示す。ファジィルール及びメンバシップ関数等のパラメータを個々に設定することにより、人工生物モデルに個性を与えることができる。

【0089】それぞれの感情強度 $E_i$ は、次式により算出することができる。

【0090】

【数1】

$$E_i = \frac{1}{1 + \exp(-X)}$$

$$X = E_i + \delta - \gamma + \sum_j W_{ji} E_j$$

但し、

exp: 指数関数

$E_i$ :  $i$  番目の感情の強度。値域は 0～1 の実数値。

$\delta$ : 増加量。ファジィ推論の出力結果 (適合度) で 0～1 の実数値。

$\gamma$ : 減衰量。時間経過に伴って増加する量で 0～1 の実数値。

$W_{ji}$ :  $j$  番目の感情の  $i$  番目の感情への影響度で -1～1 の実数値。

【0091】減衰量  $\gamma$  は、感情強度が“0”から正の値になった時点で正の方向に増加し始め、感情強度が“0”以下になった時点で“0”に戻る。感情強度が所定の閾値以上である場合に、感情強度が最大の感情及び強度を行動計画部 2 2 及び動作出力部 6 に出力する。

【0092】算出した感情強度を、その値が減衰量  $\gamma$  によって“0”になるまで、長期的な内部状態として保存することにより、現実生物である人間の気分という心情を人工生物モデル 1 において模擬的に再現する。なお、影響度  $W_j$  を個々に設定することにより、人工生物モデルに個性を与えることができる。

#### 【0093】5 行動計画部

行動計画部 6 は、知識設定記憶部 3 の記憶内容、評価出力リスト、及び、感情に基づいて、人工生物モデル 1 が実行すべき行動を計画する。行動を計画する際には、例えば、図 11 に示す行動規則を参照する。複数の行動規則が当てはまる場合には、重要度が最大である目標に関する行動規則を選択する。行動計画部 6 の出力は、「近づく」、「遠ざかる」、「威嚇する」等の行動名称と行動の対象とからなる。

#### 【0094】6 動作出力部

動作出力部 7 は、行動計画部 6 の出力、及び、状態記憶部 5 が記憶する評価出力リストと感情に基づいて、人工生物モデル 1 の行動を出力する。動作出力部 7 が出力する行動としては、例えば、歩行動作、方向転換、顔表情の合成、及び、音声合成等がある。

#### 【0095】6-1 歩行動作及び方向転換

人工生物モデル 1 が現実世界に存在する模擬生物である場合には、例えば、サーボモータを用いたアクチュエータによって歩行動作及び方向転換を実現する。歩行動作の進行方向は、行動計画部 6 の出力と評価出力リストの座標値とに基づいて決定する。例えば、行動計画が「対象に近づく」であり、対象が CCD カメラの視野の左側にある場合には進行方向を左側に変えて進み、対象が CCD カメラの視野の右側にある場合には進行方向を右側に変えて進むことにより、人工生物モデル 1 を対象に近づけることができる。また、行動計画が「対象から逃げる」であり、対象が CCD カメラの視野の左側にある場合には進行方向を右側に変えて進み、対象が CCD カメ

ラの視野の右側にある場合には進行方向を左側に変えて進むことにより、人工生物モデル 1 を対象から遠ざけることができる。

【0096】対象が音源の場合にも、人工生物モデル 1 が現在向いている方向に対して音源が左右いずれ側に存在するかの情報に基づいて進行方向を決定する。また行動計画が「威嚇する」である場合には、対象の方向に前進と後退とを繰り返しながら、「怒り」の顔表情と音声とを出力する。

【0097】方向転換は、左右のサーボモータの出力を変化させることによって実現できる。即ち、左側に方向転換する場合には右側のサーボモータの出力を左側のサーボモータの出力よりも大きくし、右側に方向転換する場合には左側のサーボモータの出力を右側のサーボモータの出力よりも大きくする。

【0098】人工生物モデル 1 が仮想世界に存在する仮想生物である場合には、例えば、コンピュータアニメーションのソフトウェアを用いて行動を表現し、ディスプレイ画面に表示する。

#### 【0099】6-2 顔表情合成

顔表情は、行動計画部 6 からの出力、及び、状態記憶部 5 が記憶する感情に基づいて合成される。また、感情強度に応じて合成する表情の程度を調整する。例えば、行動計画が「威嚇する」である場合には怒りの顔表情を合成し、状態記憶部 5 において「喜び」の感情強度が所定の閾値を越えた場合に喜びの顔表情を合成する。

【0100】人工生物モデル 1 が現実世界に存在する模擬生物である場合には、例えば、「顔ロボット」(原文雄、小林宏、丹下明、遠藤弘毅、日本機械学会大 1 会 JS ME ロボメカ・シンポジウム講演論文集、pp. 77-84, 1996) 等により、アクチュエータの動作によって顔表情を作成する。

【0101】人工生物モデル 1 が仮想世界に存在する仮想生物である場合には、例えば、目、口、眉等の顔部品画像を感情と感情強度とに応じて準備しておき、コンピュータアニメーションのソフトウェアを用いて合成し、ディスプレイ画面に表示する。

#### 【0102】6-3 音声合成

音声は、行動計画部 6 からの出力、状態記憶部 5 が記憶

する感情に基づいて合成される。また、感情強度に応じて合成する音声の大きさを調整する。例えば、行動計画が「逃げる」である場合には悲鳴を合成し、状態記憶部 5 に記憶する「喜び」の感情強度が所定の閾値を越えた際に喜びの音声を作成する。合成した音声はスピーカを介して出力される。

#### 【0103】7 人工生物モデルの処理手順

以上のように構成された人工生物モデル 1 の処理手順を、図 12 のフローチャートに示す。人工生物モデル 1 は、外部情報検出部 2 が外部情報を検出するまで、行動計画部 6 及び動作出力部 7 の動作によって移動及び停止をランダムに繰り返す (s 1, s 2)。外部情報検出部 2 が外部情報を検出すると、認識評価部 4 の認識部 3 1 により外部情報検出部 2 が検出した外部情報を認識する処理を行い (s 3)、認識した外部情報について意識レベル計算部 3 2 において意識レベルの計算を行う (s 4)。

【0104】次いで、認識された外部情報のうち意識レベルが所定の閾値以上の外部情報を意識上の対象として評価部 3 3 において抽出し (s 5)、抽出した意識上の対象について評価部 3 3 において評価出力リストを作成する (s 6)。さらに、作成された評価出力リストに基づいて内部状態記憶部 4 2 が記憶する内部状態を更新するとともに (s 7)、知識設定記憶部 3 の経験知識記憶部 1 2 の記憶内容を更新する (s 8)。

【0105】この後、評価出力リスト及び経験知識記憶部 1 2 の記憶内容に基づいて行動計画部 6 において行動計画を作成し (s 9)、作成された行動計画に基づいて動作出力部 7 により動作を出力する (s 10)。人工生物モデル 1 は、電源がオンされている状態において上記 s 1 ~ s 10 の処理を繰り返し実行する。

【0106】以上の処理により、この実施形態に係る人工生物モデル 1 は、現実の生物における行動の生成過程に用いられる学習、忘却及び意識の概念を模擬的に実行し、外部情報に対して自律的な行動を生成し、現実の生物の行動に極めて近似した行動を実行する。

【0107】なお、上述した人工生物モデル 1 において、知識設定記憶部 3、認識評価部 4、状態記憶部 5 及び行動計画部 6 は、メモリを備えたマイクロコンピュータ内に構成することができ、上記の人工生物モデル 1 の処理手順は、CD-ROM 等の記録媒体に記録された処理プログラムとしてマイクロコンピュータに供給することができる。

#### 【0108】

【発明の効果】請求項 1、9 及び 17 に記載した発明によれば、検出した外部情報と予め定められた基本行動目標との関係から新たな行動目標を獲得行動目標として学習し、学習した獲得行動目標を含めた行動目標に基づいて外部情報に対して実行すべき行動を決定することにより、外部情報に対して実行すべき行動を決定するための

行動目標を学習により補充することができ、予想できない外部情報に対しても実行すべき行動を自律的に決定することができるとともに、予め設定しておくべき行動目標の数を削減することができる。

【0109】請求項 2、10 及び 18 に記載した発明によれば、学習により獲得した新たな行動目標を記憶度に基づいて個別に消去することにより、新たに獲得した行動目標の一部を消去して外部情報に対して実行すべき行動を決定するための行動目標を過度に保存することがなく、行動の決定処理が煩雑化することを防止できるとともに、行動目標の記憶容量を削減することができる。

【0110】請求項 3、11 及び 19 に記載した発明によれば、時間経過にともなって減少する記憶度にしたがって獲得行動目標を個別に消去することにより、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、現実の生物に生じる忘却現象を再現することができ、現実の生物に近似した行動を生成することができる。

【0111】請求項 4、12 及び 20 に記載した発明によれば、使用状態に応じて減少する記憶度にしたがって獲得行動目標を個別に消去することにより、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、各外部情報の出現頻度に応じて現実の生物に生じる忘却現象をより忠実に再現することができ、現実の生物により近似した行動を生成することができる。

【0112】請求項 5、13 及び 21 に記載した発明によれば、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、複数の基本行動目標のそれぞれに付与された重要度を参照することにより、検出した外部情報が複数の基本行動目標に関係する場合にも、その外部情報に対して単一の行動を決定することができ、相反する複数の行動が決定されることによるデッドロック状態を確実に防止することができる。

【0113】請求項 6、14 及び 22 に記載した発明によれば、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、外部情報のそれぞれに付与された関連度を参照することにより、同一の基本行動目標に関係する複数の外部情報が同時に検出された場合にも、単一の外部情報に対する単一の行動を決定することができ、相反する複数の行動が決定されることによるデッドロック状態を確実に防止することができる。

【0114】請求項 7、15 及び 23 に記載した発明によれば、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、外部情報のそれぞれに付与された関連度を参照することにより、同一の基本行動目標に関係する複数の外部情報が同時に検出された場合にも、出現頻度の最も高い単一の外部情報に対する単一の行動を決定することができ、相反する複数の行動が決定されることによるデッドロック状態を確実に防止することができる。

【0115】請求項 8、16 及び 24 に記載した発明によれば、複数の外部情報が同時に検出された際に、前記

重要度、及び、前記関連度を参照して単一の外部情報に対して実行すべき行動を決定することにより、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、現実の生物に生じる意識的な選択を模擬的に再現することができ、現実の生物に近似した行動を生成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明の実施形態に係る行動生成装置を適用した人工生物モデルの構成を示す図である。

【図 2】同人工生物モデルの知識設定記憶部の構成を示す図である。

【図 3】同人工生物モデルの認識評価部の構成を示す図である。

【図 4】同人工生物モデルの状態記憶部の構成を示す図である。

【図 5】同知識設定記憶部の記憶内容を示す図である。

【図 6】同認識評価部における振動認識のためのファジィ推論に用いられるメンバシップ関数を示す図である。

【図 7】同認識評価部における色認識に用いられるメンバシップ関数を示す図である。

【図 8】同認識評価部において作成される評価出力リストを示す図である。

【図 9】同状態記憶部の内部状態記憶部における内部状態起因の抽出処理に用いられるファジィルールを示す図

である。

【図 10】同状態記憶部の内部状態記憶部における内部状態の更新処理に用いられるファジィルールを示す図である。

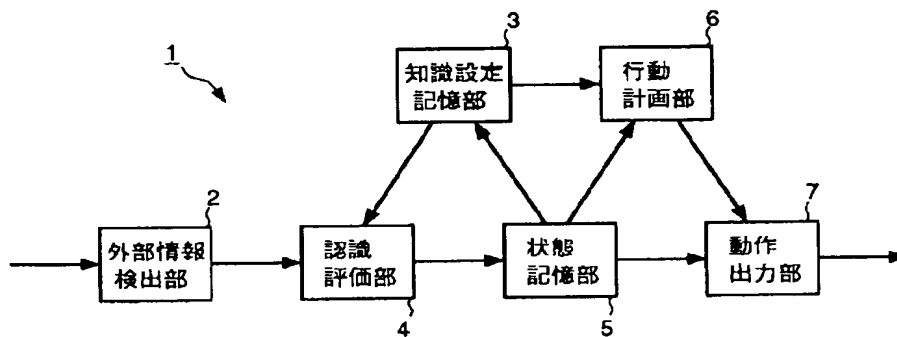
【図 11】同人工生物モデルの行動計画部における行動計画の決定に用いられる行動規則を示す図である。

【図 12】同人工生物モデルにおける処理手順を示すフローチャートである。

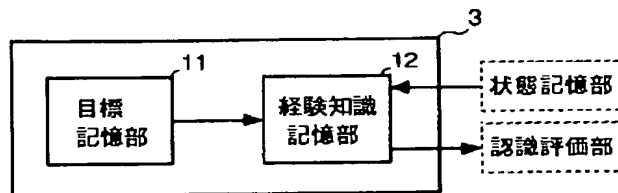
【符号の説明】

- 1 ー人工生物モデル  
2 ー外部情報検出部  
3 ー知識設定記憶部  
4 ー認識評価部  
5 ー状態記憶部  
6 ー行動計画部  
7 ー動作出力部  
11 ー目標記憶部  
12 ー経験知識記憶部  
31 ー認識部  
32 ー意識レベル計算部  
33 ー評価部  
41 ー外部状態記憶部  
42 ー内部状態記憶部

【図 1】



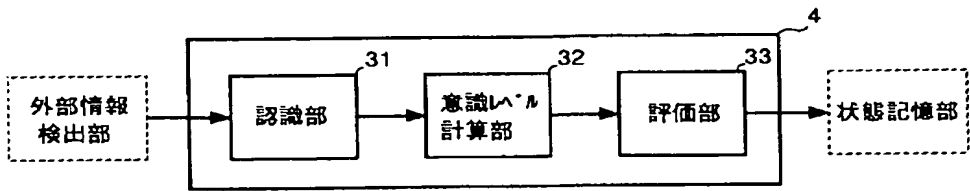
【図 2】



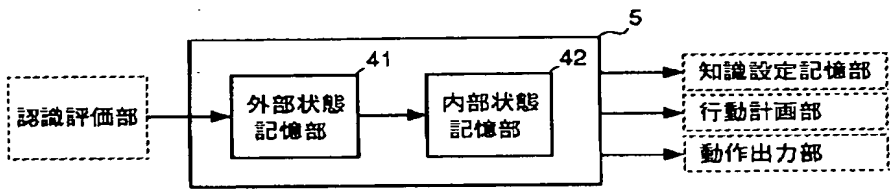
【図 5】

目標 1 重要度 0.90		目標 2 重要度 0.30		目標 3 重要度 0.80	
色1	正の関連度 0.70 記憶度 0.80	色2	正の関連度 0.90 記憶度 0.70	色2	負の関連度 0.70 記憶度 0.80
色3	正の関連度 0.30 記憶度 0.20	色3	負の関連度 0.80 記憶度 0.40	色4	負の関連度 0.40 記憶度 0.30
色5	負の関連度 0.80 記憶度 0.80			色6	負の関連度 0.60 記憶度 0.80
色1	正の関連度 0.30 記憶度 0.20			色3	負の関連度 0.40 記憶度 0.30
⋮				⋮	

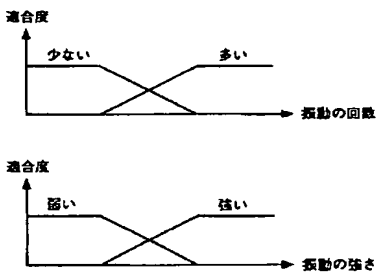
【図 3】



【図 4】

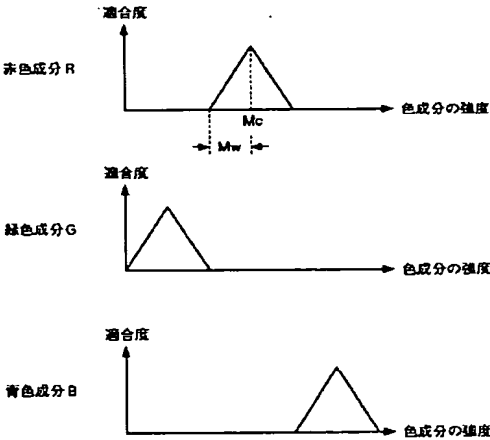


【図 6】



もし、振動回数が少ない かつ 振動が強い ならば たたく  
もし、振動回数が多く かつ 振動が弱い ならば 押さえる

【図 7】



【図 8】

目標	1 (取得) / 2 (取得) / 3 (回避) / 4 (取得) / 5 (取得) / 6 (回避) / 7 (回避)
状態	達成した / 紛糾した / 達成しそう / 紛糾しそう
対象	振動 # / 光 # / 色 # / 騒音 # / 音声 # / マウス # / 仮想物体 #
方向	重心のXY座標値
新しい関連	YES / NO
目標重要度	実数値 (0 ~ 1)
目標関連度	実数値 (0 ~ 1)
関連方向	正 / 負
適合度	実数値 (0 ~ 1)

※ 対象の項目で # は記憶した順番の番号を表す。

## 【図 9】

- 取得目標が達成した状態の場合、  
 目標の重要度が大きく、対象の目標への関連度が大きく、適合度が大きいならば、達成度は大きい  
 目標の重要度が小さく、対象の目標への関連度が小さく、適合度が小さいならば、達成度は小さい
- 取得目標／回避目標が紛糾した状態の場合、  
 目標の重要度が大きく、対象の目標への関連度が大きく、適合度が大きいならば、紛糾度は大きい  
 目標の重要度が小さく、対象の目標への関連度が小さく、適合度が小さいならば、紛糾度は小さい
- 取得目標が達成しそうな場合、  
 目標の重要度が大きく、対象の目標への関連度が大きく、適合度が大きいならば、期待度は大きい  
 目標の重要度が小さく、対象の目標への関連度が小さく、適合度が小さいならば、期待度は小さい
- 回避目標が紛糾しそうな場合、  
 目標の重要度が大きく、対象の目標への関連度が大きく、適合度が大きいならば、不安度は大きい  
 目標の重要度が小さく、対象の目標への関連度が小さく、適合度が小さいならば、不安度は小さい

## 【図 10】

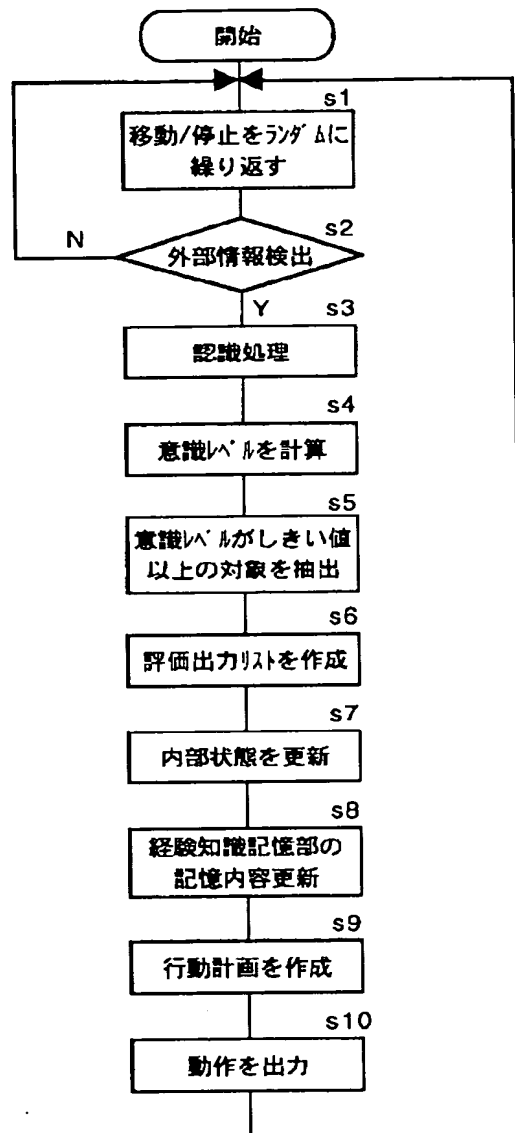
- 取得目標が達成した場合の喜び  
 達成度が大きいならば、喜びの増加量は大きい  
 達成度が小さいならば、喜びの増加量は小さい
- 回避目標が達成した場合の喜び  
 1 ステップ前の不安度が大きい場合は、喜びの増加量は大きい  
 1 ステップ前の不安度が小さい場合は、喜びの増加量は小さい
- 取得目標が紛糾した場合の悲しみ  
 紛糾度が大きいならば、悲しみの増加量は大きい  
 紛糾度が小さいならば、悲しみの増加量は小さい  
 紛糾度が大きく、1 ステップ前の期待度が大きい場合は、悲しみは非常に大きい
- 取得目標に対して負の関連度を持つ対象に対する怒り  
 対象の目標への関連度が大きく、適合度が大きいならば、怒りの増加量は大きい  
 対象の目標への関連度が小さく、適合度が小さいならば、怒りの増加量は小さい
- 回避目標に対して負の関連度を持つ対象に対する恐怖  
 対象の目標への関連度が大きく、適合度が大きいならば、恐怖の増加量は大きい  
 対象の目標への関連度が小さく、適合度が小さいならば、恐怖の増加量は小さい
- 回避目標が紛糾した場合の嫌悪  
 紛糾度が大きいならば、嫌悪の増加量は大きい  
 紛糾度が小さいならば、嫌悪の増加量は小さい

## 【図 1 1】

- 取得目標が達成しそう → 対象（取得すべき刺激・物体）に近づく
- 取得目標が紛糾しそう、かつ、怒りの感情が存在する
  - 対象（紛糾に関連する刺激・物体）を威嚇する
- 回避目標が紛糾した → 対象（回避すべき刺激・物体）から逃げる
- 回避目標が紛糾しそう、かつ、恐怖の感情が存在する
  - 対象（紛糾に関連する刺激・物体）から逃げる
- 評価出力リストが状態記憶手段に存在せず、取得目標の重要度が大きい
  - 取得すべき刺激・物体を探す
- 取得すべき物体と他の人工生物が近くに存在して、その物体に関する取得目標の重要度が小さい
  - その人工生物に物体を譲る
- 他の人工生物が取得すべき物体を持っている
  - その人工生物に物体を譲るように頼む
- 他の人工生物が取得すべき物体を持っていて、その人工生物は目標いずれかに対して負の関連度を持つ
  - その人工生物に物体を威嚇する
- 目標 6 または 7 が紛糾した、または、紛糾しそう
  - 目標 5 の達成に正関連度をもつ対象を探す



【図 1 2】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-143849

(43)Date of publication of application : 28.05.1999

---

(51)Int.Cl. G06F 15/18

B25J 13/00

---

(21)Application number : 09-308561 (71)Applicant : OMRON CORP

(22)Date of filing : 11.11.1997 (72)Inventor : USHIDA HIROHIDE

HIRAYAMA YUJI

NAKAJIMA HIROSHI

---

(54) ACTION GENERATION DEVICE, ACTION GENERATION METHOD AND  
ACTION GENERATION PROGRAM RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To generate an action extremely approximate to the action of a real organism by generating an autonomous action to a condition on the basis of concepts of learning, oblivion and consciousness.

SOLUTION: An artificial organism model 1 is composed of an external information detection part 2, a knowledge set storage part 3, a recognition evaluation part 4, a condition storage part 5, an action plan part 6, and an operation output part 7. The knowledge set storage part 3 stores a relationship between recognition result of the external information which the external information detection part 2 detects in a process in which the artificial organism model 1 acts and a priori action target stored in advance in the knowledge set storage part 3 together with the degree of association and the degree of storage. The recognition evaluation 4 refers to, recognizes and evaluates storage contents of the knowledge set storage part 3 with regard to each of the external

information. The condition storage part 5 stores evaluation result in the recognition evaluation part 4. The action plan part 6 decides an action to be executed according to evaluation results stored in the condition storage part 5 and outputs to the action output part 7.

---

LEGAL STATUS [Date of request for examination] 06.06.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3178393

[Date of registration] 13.04.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The basic action target storage section which memorizes two or more basic action targets beforehand determined as the external information detecting element which detects external information, The acquisition action target storage section which memorizes relation with each basic action target which the external information and the basic action target storage section which the external information detecting element detected have memorized as an acquisition action target, Action generation equipment characterized by opting for the action which should be performed to the external information which the external information detecting element detected based on the acquisition action target which the basic action target or the acquisition action target storage section which \*\*\*\*\* and the basic action target storage section have memorized

has memorized.

[Claim 2] Action generation equipment according to claim 1 which memorizes whenever [ storage / said whose acquisition action target storage section expresses the period which should save an acquisition action target about each of two or more external information ].

[Claim 3] Action generation equipment according to claim 2 with which said acquisition action target storage section decreases according to an individual with each of whenever [ said storage ] to time amount progress.

[Claim 4] Action generation equipment according to claim 2 with which said acquisition action target storage section fluctuates each of whenever [ said storage ] according to an individual according to the busy condition of the acquisition action target about each external information.

[Claim 5] Action generation equipment according to claim 1 with which said basic action target storage section memorizes the significance showing each priority of two or more basic action targets.

[Claim 6] Action generation equipment according to claim 1 with which said acquisition action target storage section memorizes degree of association with a basic action target about each of two or more external information.

[Claim 7] Action generation equipment according to claim 6 with which said acquisition action target storage section fluctuates each of said degree of

association according to an individual according to the busy condition of the acquisition action target about each external information.

[Claim 8] Action generation equipment according to claim 6 or 7 which opts for the action which should choose either of two or more external information which said external information detecting element detected, and should perform it based on a basic action target or an acquisition action target according to the significance memorized in said basic action target storage section at least, and the degree of association memorized in said acquisition action target storage section about the selected external information.

[Claim 9] The action generation method which detects external information and is characterized by opting for the action which should memorize relation with each of two or more basic action targets beforehand determined as the detected external information as an acquisition action target, and should be performed to external information based on a basic action target or an acquisition action target.

[Claim 10] The action generation method according to claim 9 which memorizes whenever [ showing the period which should save an acquisition action target about each of two or more external information / storage ], and eliminates each acquisition action target according to an individual based on whenever [ storage ].

[Claim 11] The action generation method according to claim 10 which decreases

according to an individual with each of whenever [ said storage ] to time amount progress.

[Claim 12] The action generation method according to claim 10 or 11 which fluctuates each of whenever [ said storage ] according to an individual according to the busy condition of the acquisition action target about each external information.

[Claim 13] The action generation method according to claim 9 which memorizes the significance showing each priority of two or more basic action targets.

[Claim 14] The action generation method according to claim 9 which memorizes degree of association with a basic action target about each of two or more external information.

[Claim 15] The action generation method according to claim 14 which fluctuates each of said degree of association according to an individual according to the busy condition of the acquisition action target about each external information.

[Claim 16] The action generation method according to claim 14 or 15 which opts for the action which should choose either of two or more detected external information, and should perform it based on a basic action target or an acquisition action target according to said significance and said degree of association about the selected external information.

[Claim 17] the processing which detects external information, and two or more



basic action targets which were beforehand determined as the detected external information -- respectively -- \*\* -- the processing which memorizes relation as an acquisition action target, and the processing which opt for the action which should perform to external information based on a basic action target or an acquisition action target -- since -- the action generator record medium characterized by to record the program become.

[Claim 18] The action generator record medium according to claim 17 which recorded the program including the processing which memorizes whenever [ showing the period which should save an acquisition action target about each of two or more external information / storage ], and the processing which eliminates each acquisition action target according to an individual based on whenever [ storage ].

[Claim 19] The action generator record medium according to claim 18 which recorded the program including the processing which decreases according to an individual with each of whenever [ said storage ] to time amount progress.

[Claim 20] The action generator record medium according to claim 18 or 19 which recorded the program including the processing which fluctuates each of whenever [ said storage ] according to an individual according to the busy condition of the acquisition action target about each external information.

[Claim 21] The action generator record medium according to claim 17 which

recorded the program including the processing which memorizes the significance showing each priority of two or more basic action targets.

[Claim 22] The action generator record medium according to claim 17 which recorded the program including the processing which memorizes degree of association with a basic action target about each of two or more external information.

[Claim 23] The action generator record medium according to claim 22 which recorded the program including the processing which fluctuates each of said degree of association according to an individual according to the busy condition of the acquisition action target about each external information.

[Claim 24] The action generator record medium according to claim 22 or 23 which recorded the program including the processing which chooses either of two or more detected external information according to said significance and said degree of association, and the processing which opts for the action which should be performed based on a basic action target or an acquisition action target about the selected external information.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the action generation equipment, action generation method, and action generator record medium which generate the autonomous action which artificial living thing models, such as a virtual living thing displayed on simulation living things, such as a robot, the display of a computer system, etc., should perform.

[0002]

[Description of the Prior Art] The artificial living thing model it was made to act autonomously according to the information conventionally inputted from the outside as a virtual living thing displayed on simulation living things, such as a robot, the display of a computer system, etc. exists. Many attempts which make the action which this kind of artificial living thing model performs approximate to action of an actual living thing as much as possible conventionally are made.

[0003] Here, by acquiring knowledge by study based on experience, and using the acquired knowledge according to a situation, an actual living thing increases gradually the situation that action as a reaction can be performed, and generates various behavior patterns autonomously. Moreover, when not encountering a specific situation over a long period of time, an actual living thing forgets the reaction action to the situation, is in the reaction to a situation, or produces the

phenomenon called oblivion of it becoming impossible to completely react etc. Furthermore, when two or more events which should react exist in coincidence, the consciousness of acting only to the event in which the value of reacting for oneself is the highest exists in an actual living thing.

[0004] Therefore, study, oblivion, and consciousness are indispensable to generation of action of an actual living thing, and in order to make action of an artificial living thing model approximate to action of an actual living thing, in the generation process of the action which should be performed to a situation, the concept of study, oblivion, and consciousness is needed.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the conventional artificial living thing model, the relation between the outside circumference as a stimulus and the action as an output is determined fixed beforehand, and what cannot gain the action according to a situation as knowledge by study based on experience is common. Moreover, although what generated the action as a reaction pattern based on the hysteresis of an external stimulus or an internal state is proposed, to the situation which is not assumed beforehand also in this case, a suitable reaction pattern is ungenerable. In such a case, in order to memorize supposing many situations, the big storage means of capacity is required for assuming beforehand all the situations that may happen, and it is

not realistic, while it is difficult. [ of a means ]

[0006] Moreover, in the conventional artificial living thing model, in case a reaction pattern is generated based on the past stimulus or the hysteresis of an internal state. Although some which took in the concept of oblivion are in generation of a reaction pattern by making the weight value of old historical data small while enlarging the weight value of new historical data. In the generation method of such a reaction pattern, since the historical data about each stimulus or an internal state are saved, there is a problem for which the big storage means of capacity is needed.

[0007] Furthermore, there is nothing that generated the reaction action to a stimulus in the conventional artificial living thing model using the concept of consciousness, and the processing time turns for a long time, when two or more events which should react exist in coincidence, as a result of generating reaction action to all events, activation of reaction action is overdue or problems, such as falling to the so-called dead lock status, without the ability being able to determine priority of reaction action, are.

[0008] The purpose of this invention is by generating autonomous action to a situation based on the concept of study, oblivion, and consciousness to offer the action generation equipment, action generation method, and action generator record medium which can generate the action extremely approximated to action

of an actual living thing.

[0009]

[Means for Solving the Problem] Invention indicated to claims 1, 9, and 17 detects external information, memorizes relation with each of two or more basic action targets beforehand determined as the detected external information as an acquisition action target, and is characterized by opting for the action which should be performed to external information based on a basic action target or an acquisition action target.

[0010] In invention indicated to claims 1, 9, and 17, a new action target is learned as an acquisition action target from relation with the basic action target beforehand determined as the detected external information, and it opts for the action which should be performed to external information based on an action target including the learned acquisition action target. Therefore, the action target for opting for the action which should be performed to external information is filled up by study, and it opts for the action which should be performed also to the external information as which relation with an action target is not determined beforehand autonomously.

[0011] Invention indicated to claims 2, 10, and 18 memorizes whenever [ showing the period which should save an acquisition action target about each of two or more external information / storage ], and is characterized by

eliminating each acquisition action target according to an individual based on whenever [ storage ].

[0012] In invention indicated to claims 2, 10, and 18, the new action target acquired by study is eliminated according to an individual based on whenever [ storage ]. Therefore, a part of newly acquired action target is eliminated, and the action target for opting for the action which should be performed to external information is not saved too much.

[0013] Invention indicated to claims 3, 11, and 19 is characterized by decreasing according to an individual with each of whenever [ said storage ] to time amount progress.

[0014] In invention indicated to claims 3, 11, and 19, an acquisition action target is eliminated according to an individual according to whenever [ storage / which decreases with time amount progress ]. Therefore, in case it opts for the action which should be performed to external information, the oblivion phenomenon produced for an actual living thing is reproduced.

[0015] Invention indicated to claims 4, 12, and 20 is characterized by fluctuating each of whenever [ said storage ] according to an individual according to the busy condition of the acquisition action target about each external information.

[0016] In invention indicated to claims 4, 12, and 20, an acquisition action target is eliminated according to an individual according to whenever [ storage / which

decreases according to a busy condition ]. Therefore, in case it opts for the action which should be performed to external information, the oblivion phenomenon produced for an actual living thing according to the frequency of occurrence of each external information is reproduced more faithfully.

[0017] Invention indicated to claims 5, 13, and 21 is characterized by memorizing the significance showing each priority of two or more basic action targets.

[0018] In invention indicated to claims 5, 13, and 21, each priority of two or more basic action targets is expressed as a significance. Therefore, in case it opts for the action which should be performed to external information, also when the external information detected by referring to the significance given to each of two or more basic action targets is related to two or more basic action targets, it opts for single action to the external information.

[0019] Invention indicated to claims 6, 14, and 22 is characterized by memorizing degree of association with a basic action target about each of two or more external information.

[0020] In invention indicated to claims 6, 14, and 22, degree of association with the basic action target is given about each of two or more external information related to each basic action target. Therefore, also when opting for the action which should be performed to external information and two or more external



information which is related to the same basic action target by referring to the degree of association given to each of external information is detected by coincidence, it opts for the single action to single external information.

[0021] Invention indicated to claims 7, 15, and 23 is characterized by fluctuating each of said degree of association according to an individual according to the busy condition of the acquisition action target about each external information.

[0022] In invention indicated to claims 7, 15, and 23, the degree of association given to each external information is fluctuated according to an individual according to the busy condition of the acquisition action target about the external information. Therefore, also when opting for the action which should be performed to external information and two or more external information which is related to the same basic action target by referring to the degree of association given to each of external information is detected by coincidence, it opts for the single action to the single highest external information of the frequency of occurrence.

[0023] Invention indicated to claims 8, 16, and 24 is characterized by opting for the action which should choose either of two or more detected external information, and should perform it based on a basic action target or an acquisition action target about the selected external information according to said significance and said degree of association.

[0024] In invention indicated to claims 8, 16, and 24, when two or more external information is detected by coincidence, it opts for the action which should be performed to single external information with reference to said significance and said degree of association. Therefore, in case it opts for the action which should be performed to external information, the intentional selection produced for an actual living thing is reproduced in simulation.

[0025]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 is drawing showing the configuration of the artificial living thing model with which the action generation equipment concerning the operation gestalt of this invention is applied. The artificial living thing models 1 are simulation living things, such as a robot which acts in the real world through an actuator, or a virtual living thing which acts in the virtual world in the display which constitutes a computer system. The artificial living thing model 1 is constituted by the external information detecting element 2, the knowledge setting storage section 3, the recognition evaluation section 4, the condition storage section 5, the action plan section 6, and the output section 7 of operation. Below the configuration and the contents of processing of each part of the population living thing model 1

1 External information detecting element 2

The knowledge setting storage section 2-1 target storage section 2-2 The experience knowledge storage section 3 recognition evaluation section 3-1

Recognition section 3-2 Consciousness level count section 3-3 Evaluation  
section 4 Condition storage section 4-1 External condition storage section 4-2  
Internal-state storage section 4-2-1 Extract processing 4-2-2 of an internal-state  
reason The update process 5 of an internal state action plan section 6 Output  
section 6-1 of operation Walk actuation and turn 6-2 Face expression  
composition 6-3 Speech synthesis 7 It explains in order of the procedure of an  
artificial living thing model.

[0026] 1 The external information detecting-element external information  
detecting element 2 detects the external information as a stimulus from the  
external environment containing other living things, such as human being. This  
external information detecting element 2 is constituted by input units, such as a  
CCD camera, a microphone, a sway sensor, or a mouse.

[0027] 2 The knowledge setting storage section knowledge setting storage  
section 3 is constituted by the target storage section 11 which memorizes a  
native action target, and the experience knowledge storage section 12 which  
memorizes an acquired action target as shown in drawing 2 .

[0028] 2-1 The target storage section target storage section 11 memorizes the  
action target which carries out false to the target with which the artificial living  
thing model 1 is equipped innate, or desire as a native action target which is a  
basic action target of this invention. While being beforehand set up at the time of

manufacture of the artificial living thing model 1, you may make it set up a heavens-[ henceforth ] action target in first stage in the user who is an owner.

[0029] The acquisition action target for the artificial living thing model 1 to acquire a specific stimulus and a body at the native action target memorized by the target storage section 11, the evasive-action target for the artificial living thing model 1 to avoid a specific stimulus and a body, and \*\*\*\*\*. Target 1: "the tactile-sense stimulus stroked is acquired" if it considers as a native action target

Target 2: "a luminous stimulus is acquired"

Target 3: "the tactile-sense stimulus struck is avoided"

Target 4: "ingesta are acquired"

Target 5: "joy of an owner is acquired"

Target 6: "an owner's resentment is avoided"

Target 7: "sadness of an owner is avoided"

Those with \*\* and targets 1, 2, 4, and 5 are acquisition targets, and targets 3, 6, and 7 are evasion targets. Thus, the expression of joy or the resentment can be made to be able to output to the artificial living thing model 1, that an acquisition target is attained corresponding [ or or ] to whether to carry out entanglement, and the display of relief or dislike can be made to output to the artificial living thing model 1 by setting up the acquisition target and the evasion target, that an evasion target is attained corresponding [ or or ] to whether to carry out

entanglement.

[0030] The target storage section 11 memorizes significance about each of a native action target. This significance defines the mutual priority of two or more native action targets, and is set as each native action target fixed or in adjustable. When changing the set point of significance, it can consider making it change with time using periodic functions, such as a sin function which inputs time amount and inputs an output significance.

[0031] Thus, by changing the significance showing the priority of each native action target with time, the action which the artificial living thing model 1 performs to the same stimulus can change serially, and can reproduce "it being capricious". [ which it appears in action of an actual living thing ]

[0032] 2-2 The experience knowledge storage section experience knowledge storage section 12 memorizes relation with the native action target memorized by the recognition result and the target storage section 11 of the external information which the external information detecting element 2 detected in the process in which the artificial living thing model 1 acts as an acquired action target which is an acquisition action target of this invention, as shown in drawing 5.

[0033] The experience knowledge storage section 12 memorizes degree of association and whenever [ storage ] about each of external information. Degree

of association takes the value of the range of "0"- "1", and expresses the relevance of each external information and a native action target, and forward degree of association and negative degree of association exist.

[0034] The external information to which forward degree of association was given contributes to achievement of a native action target. For example, in drawing 5 , when the forward degree of association of "0.7" is given to the color 1 to the native action target 1 "to acquire the tactile-sense stimulus stroked" and it is stroked, it is shown that the artificial living thing model 1 detected the color 1. the case where external information with the forward degree of association same when the native action target for each external information to belong is attained is recognized -- "0.1" -- the case where the external information same when the native action target for it to be increased and for each external information to belong is attained is not recognized -- "0.1" -- it decreases.

[0035] The external information to which negative degree of association was given complicates achievement of a native action target. For example, in drawing 5 , when the negative degree of association of "0.4" is given to the sound 3 to the native action target 3 "to avoid the tactile-sense stimulus struck" and it is struck, it is shown that the artificial living thing model 1 detected the sound 3. the case where external information with the negative degree of association same when the native action target for each external information to

belong gets entangled is recognized -- "0.1" -- the case where the external information same when the native action target for it to be increased and for each external information to belong gets entangled is not recognized -- "0.1" -- it decreases.

[0036] Whenever [ storage ] takes the value of the range of "0"- "1", and is used for the decision of the stage when relation with a native action target should be eliminated about each external information. That is, it is made to decrease with time amount progress, using whenever [ storage / when external information is newly memorized by the experience knowledge storage section 12 ] as "1", and is made to increase with the increment in degree of association. And when the value of whenever [ storage ] is set to "0", the external information is eliminated from the contents of storage of the experience knowledge storage section 12. Whenever [ this storage ] can be used in order to reproduce "oblivion" which appears in action of an actual living thing. That is, whenever [ storage ] already makes late a reaction of as opposed to a comb and external information with whenever [ storage / small ] for the reaction to large external information. Moreover, if whenever [ storage ] is set to "0", it will not react to the external information. In addition, by setting the retention period of external information by whenever [ storage ], the total of the external information which should be memorized can be reduced and the storage capacity of memory can be

decreased.

[0037] The contents of storage of the target storage section 11 and the experience knowledge storage section 12 are updated based on the evaluation output list outputted to the condition storage section 5 from the recognition evaluation section 4 mentioned later. The evaluation output list is constituted by each column of a target, a condition, an object, a direction, freshness, significance, degree of association, the related direction, and a goodness of fit as shown in drawing 8 .

[0038] One which is memorized by the target storage section 11 of native action targets is described by the target column. It is described by the condition column whether the native action target indicated by the target column is in which the attained disputed condition which is likely to attain, meet or get entangled. The class of the recognized single or two or more external information is described by the object column. The coordinate value of the center of gravity of the external information in the image pick-up screen of the CCD camera which constitutes the external information detecting element 3 is described by the direction column.

[0039] It is described by the freshness column whether relation with the external information described by the native action target described by the target column and the object column is new. The significance of the native action target



described by the target column is described by the significance column. The degree of association of the external information described by the object column is described, and when it is new external information, a mean value "0.5" is described by the degree-of-association column. "Negative" is described by the related direction column, when a target is attained and a target gets [ "forward" ] entangled. The goodness of fit at the time of recognition of the external information described by the object column is described by the goodness of fit column.

[0040] The evaluation output list shown in drawing 8 is saved in the condition storage section 5. With reference to the evaluation output list saved in the condition storage section 5, the experience knowledge storage section 12 updates the contents of storage belonging to the native action target described by the target column, when the contents of description of the condition column are "it having attained" or "having got entangled."

[0041] whenever [ namely, / the degree of association of the external information which newly memorizes the external information which attaches "0.5" described by the degree-of-association column, and is described by the object column when the contents of description of the freshness column are "YES", and is described by the object column when the contents of description of the freshness column are "NO" and whenever / storage ] -- "0.1" -- it increases.

moreover, the degree of association of the external information which is not described by the object column among the external information belonging to the native action target described by the target column -- "0.1" -- it decreases.

[0042] 3 As Shown in Drawing 3 , Recognition Evaluation Section Recognition Evaluation Section 4 the consciousness level count section 32 which computes whenever [ for judging whether the external information is disregarded based on the degree of association of the recognition section 31 which recognizes the external information which the external information detecting element 2 detected, and the recognized external information, and the significance of the native action target for the external information to belong / consciousness ] -- and It is constituted by the evaluation section 33 which evaluates whether he is conscious of each external information based on whenever [ consciousness / which was computed ].

[0043] 3-1 The recognition section recognition section 31 recognizes the external information which the external information detecting element 2 detected. The recognition section 31 is constituted by the oscillating recognition section, the optical recognition section, the color recognition section, the individual face recognition section, the owner feeling recognition section, the speech recognition section, the mouse actuation recognition section, the virtual world recognition section, etc., corresponding to the input unit which constitutes the

external information detecting element 2.

[0044] The oscillating recognition section recognizes whether the owner is stroking the artificial living thing model 1 or it has struck using the input from the sway sensor of the external information detecting element 2. That is, when the owner is stroking the artificial living thing model 1, the amplitude of vibration which a sway sensor detects is comparatively small, and its count of a signal per unit time amount increases. Moreover, when the owner has struck the artificial living thing model 1, the amplitude of vibration which a sway sensor detects is comparatively large, and its count of a signal per unit time amount decreases. The oscillating recognition section outputs the goodness of fit of whether the owner is stroking or to have struck by the fuzzy reasoning using the fuzzy rule shown in drawing 6 based on the amplitude data and frequency data which are inputted from a sway sensor. It means that the native action target for this external information to be directly related to a native action target, and "avoiding the tactile-sense stimulus struck" when the native action target "acquiring the tactile-sense stimulus stroked" when it has been recognized as having been stroked is attained and it is struck had got entangled.

[0045] The optical recognition section judges whether a pixel ensemble's average lightness constituted by the pixel more than a predetermined number among the pixels within the visual field of the CCD camera of the external

information detecting element 3 exceeds a threshold. The optical recognition section outputs the number of pixels of the pixel ensemble who is the goodness of fit of a recognition result, and a pixel ensemble's coordinate value, when average lightness is over the threshold in this decision. When this external information is directly related to a native action target and the optical recognition section has recognized light, it means that the native action target "to acquire a luminous stimulus" was attained.

[0046] When one of native action targets attained or gets entangled, the color recognition section asks for the inter-frame difference of the predetermined number of the sequential images which the CCD camera of the external information detecting element 3 is picturizing, and removes it against the background of the small part of difference. Moreover, it considers that the beige part in an image is human being's face and arm, it is removed, and is judged to be the clothes on which human being is wearing the remaining part, and each value of RGB which is the three primary colors of additive color mixture on the strength is extracted about the color which detected and detected the color with most pixels in this part.

[0047] The color recognition section from each value of RGB extracted from the color of clothes on the strength About each of RGB, the member cypridium function which is a triangular wave function shown in drawing 7 is created and

registered. It asks for the goodness of fit in a registration member cypridium function about each value of RGB extracted from the newly detected color on the strength. In being beyond the threshold as which the minimum value of the three obtained goodness of fits was determined beforehand, it outputs the goodness of fit, and in being under a threshold, it outputs "0" as a goodness of fit. Moreover, in newly creating and registering a member cypridium function, it outputs "1" as a goodness of fit. The color recognition section outputs the coordinate value of the center of gravity of the image judged to be clothes with the goodness of fit.

[0048] In addition, the color recognition section considers as a similar color about two or more colors in which each value of RGB on the strength is included in the width of face  $M_w$  of each member cypridium function, and uses 1 set of member cypridium functions by moving central value  $M_c$ . By this, the number of the member cypridium functions to register can be reduced, and required storage capacity can be decreased.

[0049] By processing of this color recognition section, the artificial living thing model 1 which reacts to a specific color based on the hysteresis of the detection result of external information can be created. For example, when the person who wore red clothes strikes the artificial living thing model 1, it means that the native action target "to avoid the tactile-sense stimulus struck" had got entangled, and the member cypridium function for recognizing red is created. Moreover, the

external information of the red to which the negative degree of association about the native action target "to avoid the tactile-sense stimulus struck" was given is memorized by the experience knowledge storage section 12. Next, if the person who wore red clothes approaches the artificial living thing model 1, in the color recognition section, red clothes are recognized as external information, and based on the negative degree of association given to red about the native action target "to avoid the tactile-sense stimulus struck", the artificial living thing model 1 can show the expression of fear, or can take action of moving in the direction keeping away.

[0050] moreover, when the luminous stimulus was received, a blue body interrupts between the artificial living thing model 1 and the light source utterly while the artificial living thing model 1 moved in the direction of the light source, and the light of the light source is interrupted While the member cypripedium function for meaning that the native action target "to acquire a luminous stimulus" had got entangled with the blue body, and recognizing blue is created The blue external information to which the negative degree of association about the native action target "to acquire a luminous stimulus" was given is memorized by the experience knowledge storage section 12. Next, when blue has been recognized as external information, based on the negative degree of association given blue about the native action target "to acquire a luminous stimulus", the

artificial living thing model 1 can show the expression of the resentment, or can take action of attacking.

[0051] The individual face recognition section registers or recognizes the individual face of human being who exists in the visual field of the CCD camera of the external information detecting element 3, when a native action target attained or gets entangled. As an approach of extracting an individual face from the image which the CCD camera picturized for example, "recognition of the face by the computer" (red Matsushige and the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers paper magazine --) D-II, Vol.J80-D-II, No.8, and pp.2031- 2046, 1997, and "the unlocking control system by face image collating" (Motonori Doi --) the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers paper magazine besides \*\*\*\* and Kunihiro Chihara, D-II, Vol.J80-D-II, No.8, and pp.2203- 2208, 1997, etc. can be used.

[0052] The individual face recognition section outputs the goodness of fit of a recognition result, and when the face which suits the recognized face is not registered, it outputs a goodness of fit "0." Moreover, the goodness of fit in the case of newly registering is set to "1." When a goodness of fit exceeds a predetermined threshold, the coordinate value in the screen which picturized the CCD camera of the recognized individual face is outputted.

[0053] By processing of this individual face discernment section, the artificial

living thing model 1 which reacts to a specific individual face based on the hysteresis of the detection result of external information can be created. For example, when those who are in the visual field of the CCD camera of the external-information detecting element 3 stroke the artificial living thing model 1, mean that the native action target "to acquire the feeling stimulus stroked" was attained, the man's individual face is extracted and registered, and the individual face which gave in the forward degree of association about the native action target "to acquire the feeling stimulus stroked" is memorized by the experience knowledge storage section 12. Next, when the same individual face is extracted from the image which the CCD camera picturized, based on the forward degree of association given to the individual face about the native action target "to acquire the feeling stimulus stroked", the artificial living thing model 1 can show the expression of joy, or can take action of moving in the direction approaching the man.

[0054] Based on the expression of an owner's face, or the tune of voice, the owner feeling recognition section recognizes an owner's feeling, and outputs an owner's recognized feeling and a goodness of fit. By processing of the owner feeling recognition section, it can recognize whether the native action target of "joy of an owner is acquired", "an owner's resentment being avoided", "avoiding sadness of an owner", etc. was attained, or it got entangled, and the artificial



living thing model 1 can recognize the effect which the body which exists near the owner, and a stimulus have on an owner's feeling. For example, when a specific body exists, the feeling of joy of an owner has been recognized and the feeling of sadness of an owner has been recognized next, the artificial living thing model 1 can take action of moving the body near the owner.

[0055] In addition, as an approach of recognizing face expression, "expression recognition of two or more person object from the dynamic image by HMM using consecutive output probability density distribution" (2137 No. Naohiro Otsuka, Otani \*\*\*\* Ryohei Nakatsu, the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers paper magazine, D-II, Vol.J80-D-II, 8, pp.2129- 1997) etc. can be used, for example. Moreover, as an approach of recognizing feeling from people's voice, the configuration of the feeling recognition equipment currently indicated by JP,5-12023,A etc. can be used, for example. Furthermore, as an approach of recognizing feeling from face expression and voice, "examination of a feelings extract of the dialogue person who used a face image and voice together" (109 Sukegawa \*\*\*\* Hirotoishi Iwano, Katsuhiko Shirai, an Institute of Electronics, Information and Communication Engineers technical report, PRU94- 1885) etc. can be used, for example.

[0056] The speech recognition section recognizes and registers the voice inputted from the microphone of the external information detecting element 3,

when a native action target attained or gets entangled. As the approach of speech recognition, the LPC cepstrum multiplier called for by linear predictive coding can be used as voice characteristic quantity. For example, the characteristic quantity at the time of performing 20th linear predictive coding serves as a 20-dimensional vector. The member cypridium function to such characteristic quantity is created like the member cypridium function in processing of the above-mentioned color recognition section.

[0057] The speech recognition section outputs the goodness of fit after threshold processing like the above-mentioned color recognition section. Moreover, the goodness of fit of the voice newly registered is set to "1." This speech recognition section recognizes the direction of a sound source by having two microphones and asking for the center position of the reinforcement of the voice which each microphone collected.

[0058] By processing of this speech recognition section, the artificial living thing model 1 which reacts to specific voice based on the hysteresis of the detection result of external information can be created. For example, while a certain man utters specific voice, when the artificial living thing model 1 is struck, the voice which gave the negative degree of association about the native action target to mean that the native action target "to avoid the tactile-sense stimulus struck" had got entangled, and "avoiding the tactile-sense stimulus struck" while the member

cypripedium function for recognizing the voice is created is memorized by the experience knowledge storage section 12 as external information. Next, since negative degree of association is given to the voice about the native action target "avoiding the tactile-sense stimulus struck" when the same voice has been recognized, the artificial living thing model 1 can show the expression of the resentment, or can take action of moving in the direction which separates from a sound source.

[0059] The mouse actuation recognition section recognizes the contents of actuation of the mouse by the owner in the artificial living thing model which acts by the virtual world expressed with the image in the display screen of a computer system. For example, the action of striking the artificial living thing model 1 can be expressed by moving the cursor in a display to the display position of the artificial living thing model 1 by actuation of a mouse, and clicking a mouse button. Moreover, after moving the cursor in a display to the display position of the artificial living thing model 1, the action of stroking the artificial living thing model 1 can be expressed by carrying out multiple-times round trip migration of the cursor, clicking a mouse button.

[0060] The mouse actuation recognition section outputs the goodness of fit of whether the artificial living thing model 1 was stroked by actuation of a mouse, or to have been struck, and when any actuation cannot be found, it outputs a

goodness of fit "0." For example, about the action of stroking, counting of the count of both-way migration of cursor is carried out by making ten round trips into maximum, and the goodness of fit normalized in the range of "0"- "1" is outputted. Moreover, about the action of striking, counting of the count of a click of a mouse button is carried out by making 10 times into maximum, and the goodness of fit normalized in the range of "0"- "1" is outputted.

[0061] By processing of this mouse actuation recognition section, the artificial living thing model 1 which reacts to actuation of a mouse based on the hysteresis of the detection result of external information can be created. For example, when the action struck by actuation of a mouse is performed, it means that the native action target "to avoid the tactile-sense stimulus struck" had got entangled, and the mouse actuation which gave the negative degree of association about the native action target "to avoid the tactile-sense stimulus struck" is memorized by the experience knowledge storage section 12. Next, when cursor moves in the direction close to the artificial living thing model 1, the artificial living thing model 1 can show the expression of the resentment, or can take action of moving in the direction which keeps away from cursor.

[0062] The virtual world recognition section recognizes the body of the virtual world constituted in a scope etc. in a computer system, and outputs the coordinate value of goodness of fits, such as an objective configuration, and a

body.

[0063] 3-2 The consciousness level count section consciousness level count section 32 reproduces in false the concept of the consciousness which an actual living thing has in the artificial living thing model 1. That is, an actual living thing does not act being conscious of all the stimuli or bodies that are inputted from a sense organ, and does not turn cautions to the object which is not directly related to itself. This is because the processing to an important object which is concerned with a life may be overdue and it may be on the verge of the risk of a life, if there is a limitation in cerebral processing speed or the capacity of short-term memory in an actual living thing and cautions are turned to all objects.

[0064] It may lapse into dead lock status, without the ability determining to any of processing to two or more objects may take long duration to take the action as a reaction to a stimulus, and priority is given also in the artificial living thing model 1, if there is a limitation in a computation rate or storage capacity and it is processing all the external information that the recognition section's has recognized. Then, the consciousness level count section prevents a deadlock while short-time-izing time amount until it takes reaction action by calculating how much each of two or more external information relates to the action target of the artificial living thing model 1, and setting priority to each of two or more external information.

[0065] The consciousness level count section 32 computes the consciousness level about each recognized external information by the degree type based on two or more recognition results inputted from the recognition section, and the contents of storage of the experience knowledge storage section 12.

[0066] (Consciousness level) =(goodness of fit) x(degree of association) x(whenever [ storage ]) x (significance)

Each of a goodness of fit, degree of association, whenever [ storage ], and, significance is determined here in the processing mentioned above.

[0067] Moreover, the consciousness level about a virtual body is computed by the degree type.

[0068] (Consciousness level) =(distance from artificial living thing model to virtual body) x(degree of association) x(whenever [ storage ]) x (significance)

However, consciousness level to the new stimulus (external information or virtual body) which is not memorized by the experience knowledge storage section 12 is set to "1." Moreover, the degree of association about the stimulus relevant to the native action target memorized by the target storage section 11 and whenever [ storage ] are directly set to "1." Furthermore, when one stimulus belongs to two or more native action targets, about each native action target, consciousness level is computed and let maximum of the computed consciousness level be the consciousness level of the stimulus.

[0069] The consciousness level count section 32 performs threshold processing to the consciousness level about all recognized stimuli, and outputs the stimulus with the consciousness level beyond a predetermined threshold as an object on consciousness.

[0070] 3-3 The evaluation section evaluation section 33 evaluates to which native action target the object on the consciousness outputted from the consciousness level count section 32 relates, and outputs it as an evaluation output list which showed the evaluation result to drawing 8 .

[0071] The output method of an evaluation output list has three kinds of approaches according to the object on consciousness. that is, when it is an object [ finishing / registration / already when it is an object related to the object on consciousness a native action target and directly ], it is [ in the case of being a non-registered object ] alike, respectively, it sets, and the output methods of an evaluation output list differ.

[0072] When it is an object related to the object on consciousness a native action target and directly, or or the classification of whether to have carried out entanglement to which the number of the native action target related to the object on consciousness and the classification of whether it is an acquisition target or to be an evasion target attained the target in the condition column directly is described by the target column of an evaluation output list,

respectively. Moreover, the object which is directly [ a native action target and ] related to the object column is described, when it is the robot with which the artificial living thing model 1 exists in the real world, either vibration 1 (it strokes), vibration 2 (it strikes), a luminous stimulus or user feeling is described, and in the case of the virtual living thing which exists in a virtual world, ingesta are contained further. In the case of the coordinate value of the light source in case the contents of description of the object column are luminous stimuli, and a virtual living thing, an objective coordinate value is described by the direction column. The significance corresponding to the contents of description of the target column in "NO" is described by the freshness column at the significance column, respectively. Moreover, in the degree-of-association column, the goodness of fit of a recognition result is described [ "1" ] for forward/negative one by the goodness of fit column at the related direction column according to the exception of achievement/entanglement of a target, respectively.

[0073] It is the case where the object on consciousness is an object already registered into the experience knowledge storage section 12, and when it is the object which is directly related to a target, or or the classification of whether to have carried out entanglement to which the number of the native action target related to the object on consciousness and the classification of whether it is an acquisition target or to be an evasion target attained the target in the condition



column directly are described by the target column of an evaluation output list, respectively. When it is not the object which is directly related to a target, according to forward/negative one of degree of association, / "it is likely to get entangled" "which is likely to be attained" is described for the number of the native action target for the object to belong, and the classification of whether it is an acquisition target or to be an evasion target by the target column at the condition column, respectively. When the object on the consciousness which is an object [ finishing / registration / already ] belongs to two or more native action targets, the native action target of max [ degree of association ] is described, when the degree of association about two or more native action targets is also equal, the native action target of max [ whenever / storage ] is described, and when also whenever [ about two or more native action targets / storage ] is equal, a native action target with a smaller target number is described.

[0074] If the case where the object on the consciousness which is directly related to a native action target exists as an example (for example, when struck), and a color 1 (refer to drawing 5 ) exists as an object on another consciousness is explained and drawing 5 will be referred to in this case Although a color 1 already has the knowledge of relating to the native action target 1 (the tactile-sense stimulus stroked being acquired) Since it is recognized this time as external information relevant to the native action target 3 (the tactile-sense

stimulus struck is avoided), "3 (evasion)" in the condition column at the target column of an evaluation output list "it got entangled" In the object column, the barycentric-coordinates value of a color 1 to the freshness column at the direction column "YES" [ "a color 1" ] In the significance column, a goodness of fit [ in / degree of association / of external information with a significance of the native action target 3 new in the degree-of-association column / "0.5" / in "negative" / the recognition result about a color 1 ] is described by the related direction column at the goodness of fit column, respectively.

[0075] Since a color 1 has forward degree of association at the native action target 1 (the tactile-sense stimulus stroked is acquired) when the object on the consciousness which is directly related to a native action target does not exist on the other hand, but only a color 1 exists as an object on consciousness, and drawing 5 is referred to, having recognized the color 1 interprets it as "The native action target 1 is likely to be attained." It is based on this interpretation. In the target column of an evaluation output list "1 (acquisition)" In the condition column, "a color 1" to the direction column at the object column the barycentric coordinates of a color 1 [ "it is likely to attain" ] "NO" in the significance column at the freshness column the significance (the example of drawing 5 0.8) of the native action target 1 In the degree-of-association column, a goodness of fit [ in / degree of association / (the example of drawing 5 0.8) / of new external

information / in "forward" / the recognition result about a color 1 ] is described by the related direction column at the goodness of fit column, respectively.

[0076] It is the case where the object on consciousness is a non-registered object, and when there is a native action target related to the object on the consciousness directly, the exception of achievement/entanglement is directly described for the number and classification of a native action target related to the object on the consciousness by the condition column at the target column of an evaluation output list, respectively. A color 6 is described, when the target class and target reference number on the consciousness recognized this time are described by the object column, for example, the color 5 is already registered into it. The coordinate value of the object on the consciousness recognized by the direction column this time in the freshness column "YES" In the significance column, the degree of association "0.5" of external information with a significance of the native action target described in the target column new in the degree-of-association column The goodness of fit in the recognition result about the object on the consciousness "forward"/"negative" has been recognized to be by the goodness of fit column this time according to the exception of the achievement/entanglement described in the condition column is described by the related direction column, respectively.

[0077] In addition, it is the case where the object on consciousness is a

non-registered object, and when there is no native action target related to the object on the consciousness directly, an evaluation output list does not create.

[0078] When the artificial living thing model 1 exists in a virtual world, the virtual world evaluation section is prepared with the evaluation section 33. The virtual world evaluation section evaluates the condition of a virtual world, and creates the evaluation output list shown in drawing 8 . The condition of a virtual world means action of the condition of the virtual body which exists at a virtual world, and the artificial living thing model of a virtual world here, for example, it is "the artificial living thing model's B having yielded itself food" (Example 1), "the artificial living thing's C having struck itself" (Example 2), "the artificial living thing's C having approached itself" (Example 3), etc.

[0079] Below, the evaluation output list which the virtual world evaluation section creates in the case of Examples 1-3 is explained.

[0080] If what "the artificial living thing model B yielded itself food for" in the case of Example 1 is recognized It is judged that the native action target 4 "to acquire ingesta" was attained. "4 (acquisition)" in the condition column at the target column of an evaluation output list "it attained" "The artificial living thing model B" in the direction column at the object column the coordinate value of the artificial living thing model B The artificial living thing model B responds for whether being un-registering at the freshness column. "YES" or "NO" "Forward" is described by

the related direction column and "1" is described for the degree of association which the significance of the native action target 4 which is the contents of description of the target column has memorized in "0.5" or the experience knowledge storage section 12 at the degree-of-association column according to "YES"/"NO" of the freshness column to the significance column by the goodness of fit column, respectively.

[0081] It is judged that the native action target 3 "to avoid the tactile-sense stimulus struck" got entangled when what "the artificial living thing C struck itself for" in the case of Example 2 had been recognized. "3 (evasion)" in the condition column at the target column of an evaluation output list "it got entangled" "The artificial living thing model C" in the direction column at the object column the coordinate value of the artificial living thing model C The artificial living thing model C responds for whether being un-registering at the freshness column. "YES" or "NO" "Negative" is described by the related direction column and "1" is described for the degree of association which the significance of the native action target 3 which is the contents of description of the target column has memorized in "0.5" or the experience knowledge storage section 12 at the degree-of-association column according to "YES"/"NO" of the freshness column to the significance column by the goodness of fit column, respectively.

[0082] If what "the artificial living thing C approached itself for" is recognized

after recognizing what "the artificial living thing C struck itself for", when Example 3 arises after Example 2 "3 (evasion)" in the condition column at the target column of an evaluation output list "it is likely to get entangled" "The artificial living thing model C" in the direction column at the object column the coordinate value of the artificial living thing model C "Negative" is described by the related direction column and "1" is described for the degree of association which the significance of the native action target 3 has memorized [ "NO" ] in the experience knowledge storage section 12 to the degree-of-association column at the significance column by the freshness column at the goodness of fit column, respectively. Thus, based on the described evaluation output list, the artificial living thing model 1 produces the anxiety whether it is struck by the artificial living thing model C, or takes action of moving in the direction which keeps away from the artificial living thing model C.

[0083] 4 The condition storage section condition storage section 5 is constituted by the external condition storage section 41 and the internal-state storage section 42 as shown in drawing 4 .

[0084] 4-1 The external condition storage section external condition storage section 41 stores temporarily the evaluation output list created in the recognition evaluation section 4. Refer to the evaluation output list stored in the external condition storage section 41 for the internal-state storage section 42, the

knowledge setting storage section 3, the action plan section 6, and the output section 7 of operation.

[0085] 4-2 The internal-state storage section internal-state storage section 42 reproduces in simulation the feelings equivalent to feeling and temper of human being who is an actual living thing in the artificial living thing model 1. That is, it is glad and feeling, such as resentment, sadness, dislike, and fear, is reproduced. Here, feeling means the condition of the short-term alignment in high recovery level, and a temper means the condition of the long-term alignment in low recovery level. Generating of feeling changes depending on the situation that human being has set. For example, according to "the theory of computation of an alignment" (\*\*\*\* Akifumi work), the feeling of joy is generated when a target is attained, and the feeling of sadness is generated when a target gets entangled. Moreover, according to the condition of the factor of a target, or taste and others, it generates and other feeling also changes. A temper is maintained on recovery level with the low condition of joy or sadness.

[0086] Based on such an idea, the internal-state storage section 42 memorizes the condition of the feeling of the artificial living thing model 1 in updating according to the contents of the evaluation output list outputted from the recognition evaluation section by extract processing of an internal-state reason, and update process of an internal state.

[0087] 4-2-1 Set up whenever [ entanglement ] whenever [ achievement / of a target ] as a reason for updating the extract processing internal state of an internal-state reason. Moreover, whenever [ in case a target is likely to get entangled / uneasy ] is set up whenever [ expected / in case a target is likely to attain ]. It asks [ whenever / entanglement ] for whenever [ expected ], and whenever [ uneasy ] whenever [ these achievement ] using fuzzy reasoning. An example of a fuzzy rule used for this fuzzy reasoning is shown in drawing 9 . In addition, about whenever [ expected ], and whenever [ uneasy ], the thing in front of 1 step is used as an input of fuzzy reasoning. Individuality can be given to an artificial living thing model by setting up separately parameters used for fuzzy reasoning, such as a fuzzy rule and member cypridium function.

[0088] 4-2-2 Since the update process internal state of an internal state is what reproduces human being's feeling and temper in simulation, it computes the augend of feeling reinforcement by fuzzy reasoning. An example of a fuzzy rule used for fuzzy reasoning is shown in drawing 10 . Individuality can be given to an artificial living thing model by setting up parameters, such as a fuzzy rule and a member cypridium function, separately.

[0089] Each feeling reinforcement  $E_i$  is computable with a degree type.

[0090]

[Equation 1]



$$E_i = \frac{1}{1 + \exp(-X)}$$

$$X = E_i + \delta - \gamma + \sum_j W_{ji} E_j$$

但し、

exp : 指数関数

$E_i$  :  $i$  番目の感情の強度。値域は 0 ～ 1 の実数値。

$\delta$  : 増加量。ファジィ推論の出力結果（適合度）で 0 ～ 1 の実数値。

$\gamma$  : 減衰量。時間経過に伴って増加する量で 0 ～ 1 の実数値。

$W_{ji}$  :  $j$  番目の感情の  $i$  番目の感情への影響度で -1 ～ 1 の実数値。

[0091] The magnitude of attenuation gamma begins to increase to a positive direction, when feeling reinforcement becomes a forward value from "0", and when feeling reinforcement becomes below "0", it returns to "0." When feeling reinforcement is beyond a predetermined threshold, feeling reinforcement outputs the maximum feeling and reinforcement to the action plan section 22 and the output section 6 of operation.

[0092] The feelings of the temper of human being who is an actual living thing are reproduced in simulation in the artificial living thing model 1 by saving the computed feeling reinforcement as a long-term internal state until the value is set to "0" by the magnitude of attenuation gamma. In addition, individuality can be given to an artificial living thing model by setting up  $W_j$  separately whenever [ effect ].

[0093] 5 The action plan section action plan section 6 plans the action which the artificial living thing model 1 should perform based on the contents of storage of

the knowledge setting storage section 3, an evaluation output list, and feeling. In case action is planned, the action regulation shown in drawing 11 is referred to. When two or more action regulations are applied, the action regulation about the target for significance to be max is chosen. The output of the action plan section 6 consists of the action name and the object of action of "it approaches", "it keeping away", "threatening", etc.

[0094] 6 The output section actuation output section 7 of operation outputs action of the artificial living thing model 1 based on the output of the action plan section 6, and the evaluation output list and feeling which the condition storage section 5 memorizes. As action which the output section 7 of operation outputs, there are walk actuation, a turn, composition of face expression, speech synthesis, etc., for example.

[0095] 6-1 When the walk actuation and turn artificial living thing model 1 is the simulation living thing which exists in the real world, the actuator which used the servo motor realizes walk actuation and a turn. The travelling direction of walk actuation is determined based on the output of the action plan section 6, and the coordinate value of an evaluation output list. For example, an action plan is "approaching an object", and when a travelling direction is changed into left-hand side, and it progresses, when an object is in the left-hand side of the visual field of a CCD camera, and an object is in the right-hand side of the visual

field of a CCD camera, a travelling direction can be close brought for the artificial living thing model 1 by changing and going to right-hand side. Moreover, an action plan is "escaping from an object", and when a travelling direction is changed into right-hand side, and it progresses, when an object is in the left-hand side of the visual field of a CCD camera, and an object is in the right-hand side of the visual field of a CCD camera, the artificial living thing model 1 can be kept away from an object by changing a travelling direction into left-hand side, and progressing.

[0096] the direction which the artificial living thing model 1 has turned to now also when an object is a sound source -- receiving -- a sound source -- right and left -- it exists in any side -- a travelling direction is determined based on that information. Moreover, when an action plan is "threatening", the face expression and voice of the "resentment" are outputted, repeating advance and retreat in the direction of an object.

[0097] A turn is realizable by changing the output of a servo motor on either side. That is, in changing the course into left-hand side, it makes the output of a right-hand side servo motor larger than the output of a left-hand side servo motor, and in changing the course into right-hand side, it makes the output of a left-hand side servo motor larger than the output of a right-hand side servo motor.

[0098] When the artificial living thing model 1 is the virtual living thing which

exists in a virtual world, action is expressed using the software of a computer animation and it displays on a display screen.

[0099] 6-2 Face expression composition face expression is compounded based on the feeling which the output and the condition storage section 5 from the action plan section 6 memorize. Moreover, extent of the expression compounded according to feeling reinforcement is adjusted. For example, when an action plan is "threatening", the face expression of the resentment is compounded, and when the feeling reinforcement of "joy" exceeds a predetermined threshold in the condition storage section 5, the face expression of joy is compounded.

[0100] When the artificial living thing model 1 is the simulation living thing which exists in the real world, face expression is created by actuation of an actuator with a "face robot" (84 text male, Kobayashi \*\*\*\* Tange \*\*\*\* Endo [ Koki ], and Japan Society of Mechanical Engineers large 1 meeting JSME ROBOMEKA SHIMPOJIA lecture collected works, pp.77- 1996) etc.

[0101] When the artificial living thing model 1 is the virtual living thing which exists in a virtual world, face components images, such as an eye, opening, and eyebrows, are prepared according to feeling and feeling reinforcement, and it compounds using the software of a computer animation, and displays on a display screen.

[0102] 6-3 Speech synthesis voice is compounded based on the feeling which the output from the action plan section 6 and the condition storage section 5 memorize. Moreover, the magnitude of the voice compounded according to feeling reinforcement is adjusted. For example, when an action plan is "escaping", a scream is compounded, and the voice of joy is compounded when the feeling reinforcement of "joy" memorized in the condition storage section 5 exceeds a predetermined threshold. The compound voice is outputted through a loudspeaker.

[0103] 7 the procedure of an artificial living thing model -- the procedure of the artificial living thing model 1 constituted as mentioned above is shown in the flow chart of drawing 12 . The artificial living thing model 1 repeats migration and a halt at random by actuation of the action plan section 6 and the output section 7 of operation until the external information detecting element 2 detects external information (s1, s2). If the external information detecting element 2 detects external information, processing which recognizes the external information which the external information detecting element 2 detected by the recognition section 31 of the recognition evaluation section 4 will be performed (s3), and consciousness level will be calculated in the consciousness level count section 32 about the recognized external information (s4).

[0104] Subsequently, among the recognized external information, as an object

on consciousness of the external information beyond a predetermined threshold, consciousness level extracts in the evaluation section 33 (s5), and creates an evaluation output list in the evaluation section 33 about the object on the consciousness which extracted (s6). Furthermore, while updating the internal state which the internal-state storage section 42 memorizes based on the created evaluation output list (s7), the contents of storage of the experience knowledge storage section 12 of the knowledge setting storage section 3 are updated (s8).

[0105] Then, based on the contents of storage of an evaluation output list and the experience knowledge storage section 12, an action plan is drawn up in the action plan section 6 (s9), and actuation is outputted by the output section 7 of operation based on the drawn-up action plan (s10). In the condition that the power source is turned on, the artificial living thing model 1 repeats processing of the above s1-s10, and is performed.

[0106] By the above processing, the artificial living thing model 1 concerning this operation gestalt performs in simulation the concept of the study and oblivion which are used for the generation process of the action in an actual living thing, and consciousness, and generates autonomous action to external information, and action extremely approximated to action of an actual living thing is performed.

[0107] In addition, in the artificial living thing model 1 mentioned above, the knowledge setting storage section 3, the recognition evaluation section 4, the condition storage section 5, and the action plan section 6 can be constituted in the microcomputer equipped with memory, and can supply the procedure of the above-mentioned artificial living thing model 1 to a microcomputer as a processing program recorded on record media, such as CD-ROM.

[0108]

[Effect of the Invention] According to invention indicated to claims 1, 9, and 17, a new action target is learned as an acquisition action target from relation with the basic action target beforehand determined as the detected external information. By opting for the action which should be performed to external information based on an action target including the learned acquisition action target The action target for opting for the action which should be performed to external information can be filled up by study, and while being able to opt for the action which should be performed also to inestimable external information autonomously, the number of the action targets which should be set up beforehand is reducible.

[0109] While being able to prevent that do not save too much the action target for opting for the action which should eliminate a part of action target newly acquired by eliminating the new action target acquired by study according to an individual based on whenever [ storage ] according to invention indicated to

claims 2, 10, and 18, and should perform to external information, and decision processing of action makes it complicated, it is reducible in the storage capacity of an action target.

[0110] In case it opts for the action which should be performed to external information by eliminating an acquisition action target according to an individual according to whenever [ storage / which decreases with time amount progress ] according to invention indicated to claims 3, 11, and 19, the oblivion phenomenon produced for an actual living thing can be reproduced, and the action approximated to the actual living thing can be generated.

[0111] In case it opts for the action which should be performed to external information by eliminating an acquisition action target according to an individual according to whenever [ storage / which decreases according to a busy condition ] according to invention indicated to claims 4, 12, and 20, the oblivion phenomenon produced for an actual living thing according to the frequency of occurrence of each external information can be reproduced more faithfully, and the action approximated by the actual living thing can be generated.

[0112] By referring to the significance given to each of two or more basic action targets, in case it opts for the action which should be performed to external information according to invention indicated to claims 5, 13, and 21 Also when the detected external information is related to two or more basic action targets, it



can opt for single action to the external information, and the dead lock status by opting for two or more opposite actions can be prevented certainly.

[0113] By referring to the degree of association given to each of external information, in case it opts for the action which should be performed to external information according to invention indicated to claims 6, 14, and 22 Also when two or more external information related to the same basic action target is detected by coincidence, it can opt for the single action to single external information, and the dead lock status by opting for two or more opposite actions can be prevented certainly.

[0114] By referring to the degree of association given to each of external information, in case it opts for the action which should be performed to external information according to invention indicated to claims 7, 15, and 23 Also when two or more external information related to the same basic action target is detected by coincidence, it can opt for the single action to the single highest external information of the frequency of occurrence, and the dead lock status by opting for two or more opposite actions can be prevented certainly.

[0115] By opting for the action which should be performed to single external information with reference to said significance and said degree of association, when two or more external information is detected by coincidence according to invention indicated to claims 8, 16, and 24 In case it opts for the action which

should be performed to external information, the intentional selection produced for an actual living thing can be reproduced in simulation, and the action approximated to the actual living thing can be generated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the configuration of the artificial living thing model which applied the action generation equipment concerning the operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing the configuration of the knowledge setting storage section of this artificial living thing model.

[Drawing 3] It is drawing showing the configuration of the recognition evaluation section of this artificial living thing model.

[Drawing 4] It is drawing showing the configuration of the condition storage section of this artificial living thing model.

[Drawing 5] It is drawing showing the contents of storage of this knowledge setting storage section.

[Drawing 6] It is drawing showing the member cypridium function used for the

fuzzy reasoning for the oscillating recognition in this recognition evaluation section.

[Drawing 7] It is drawing showing the member cypridium function used for the color recognition in this recognition evaluation section.

[Drawing 8] It is drawing showing the evaluation output list created in this recognition evaluation section.

[Drawing 9] It is drawing showing the fuzzy rule used for extract processing of the internal-state reason in the internal-state storage section of this condition storage section.

[Drawing 10] It is drawing showing the fuzzy rule used for an update process of the internal state in the internal-state storage section of this condition storage section.

[Drawing 11] It is drawing showing the action regulation used for the decision of the action plan in the action plan section of this artificial living thing model.

[Drawing 12] It is the flow chart which shows the procedure in this artificial living thing model.

[Description of Notations]

1-artificial living thing model

2-external information detecting element

3-knowledge setting storage section

4-recognition evaluation section

5-condition storage section

6-action plan section

7-actuation output section

11-targets storage section

12-experience knowledge storage section

31-recognition section

32-consciousness level count section

33-evaluation sections

41-external condition storage section

42-internal-state storage section